



**Sandra Eduarda  
Martins Fernandes  
Marques**

**Simulações computacionais no Ensino do Equilíbrio  
Químico**



**Sandra Eduarda  
Martins Fernandes  
Marques**

**Simulações computacionais no Ensino do Equilíbrio  
Químico**

relatório final apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Ensino de Física e de Química no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, realizada sob a orientação científica da Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria do Amparo Ferreira Faustino, Professora Auxiliar do Departamento de Química, da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à minha família.

## **o júri**

presidente

Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria João de Miranda Nazaré Loureiro  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

## **Vogais**

Prof.<sup>a</sup> Doutora Teresa Margarida dos Santos  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro (arguente)

Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria do Amparo Ferreira Faustino  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro (orientadora)

## **agradecimentos**

Como este trabalho contou com a participação, a níveis distintos, de diversos intervenientes, aqui dou conta, precisamente, dos agradecimentos que lhes são devidos. Apresento, publicamente, a minha maior gratidão à Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Amparo Faustino, por ter orientado tão sabiamente esta investigação, partilhando todo o seu vasto conhecimento científico, além de me ter sempre dado o mais profundo incentivo para levar este projecto a bom porto.

Também agradeço à professora cooperante Mariana Fonseca, pela facilidade concedida na distribuição e na recolha dos questionários.

Por outro lado, também dirijo os meus maiores agradecimentos aos alunos e aos professores da escola onde estagiei, por também se terem disponibilizado a participar neste estudo através do preenchimento dos questionários.

Por último, ainda que não menos importante, uma palavra de gratidão para com a minha família: o marido, a filha, a mãe e o irmão, que sempre tiveram uma palavra amiga, de incentivo e de apoio incondicional.

**palavras-chave**

ensino da química; simulações computacionais; Equilíbrio Químico; Le Châtelier's Principle.

**resumo**

A utilização de recursos digitais no processo ensino-aprendizagem é cada vez mais uma realidade. No entanto, é necessário que os diferentes interlocutores no processo estejam receptivos e despertados para a sua utilização em sala de aula. A tomada de consciência das potencialidades da utilização de simulações no processo ensino-aprendizagem poderá permitir desbloquear muitos dos entraves, nomeadamente na classe docente, que a sua aplicação suscita.

Neste trabalho procurou-se analisar a simulação computacional «Le Châtelier's Principle» que incide sobre os factores que afectam o equilíbrio químico e simultaneamente avaliar a percepção professores e alunos face à sua utilização, de acordo com um conjunto de critérios e indicadores pré-definidos. Este estudo envolveu a análise descritiva de natureza quantitativa de dois questionários administrados a um grupo de alunos do 11º ano de escolaridade e a professores do ensino secundário do grupo 510 (Ciências físico-químicas). Os resultados deste estudo apontam para uma boa receptividade dos intervenientes na utilização da simulação em contexto educativo e o reconhecimento das suas potencialidades. É ainda proposto um roteiro de exploração desta simulação para minimizar dificuldades e potenciar a aquisição de competências.

**keywords**

chemistry teaching, computational simulations, chemical equilibrium, Le Châtelier's Principle.

**abstract**

The use of digital resources in the teaching/learning process is growing. However, it is required that the different actors involved in the process are open to its use in the classroom. The awareness of the use potential of computational simulations in the teaching/learning process may allow to overturn several obstacles raised by their application, namely those experienced by teachers.

In this study the computer simulation "Le Châtelier's Principle", which focuses on the factors affecting chemical equilibrium, was analyzed and the perception of teachers and students pertaining to its use was assessed, according to a pre-defined set of criteria and indicators. This study involved the quantitative descriptive analysis of two questionnaires addressed to a group of 11th grade secondary school students' as well as secondary school teachers of chemistry (group 510 -physics and chemistry). The results of this study show that the use of the computational simulation in educational context was successful and that all participants involved recognized its potential. Finally, a set of guidelines on how to take advantage of the simulation has been suggested, so as to minimize problems and enhance students' skills.

## Índice

<b>Capítulo 1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>Parte I. Enquadramento teórico .....</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo 2. A sociedade e a educação para o século XXI.....</b>	<b>7</b>
2.1. A escola na sociedade actual .....	7
2.2. A integração curricular das TIC .....	8
2.2.1. <i>Integração das TIC nos sistemas educativos na Europa e em Portugal.....</i>	<i>8</i>
2.2.2. <i>A integração das TIC nos Ensinos Básico e Secundário, em Portugal .....</i>	<i>10</i>
2.3. Vantagens e desvantagens do uso das TIC no contexto educativo .....	13
<b>Capítulo 3. As TIC no contexto educativo e ensino da Química .....</b>	<b>15</b>
3.1. As TIC no contexto de diferentes teorias da aprendizagem .....	15
3.2. As TIC no ensino da Química .....	18
3.3. A diversidade de recursos das TIC e a sua aplicação no ensino .....	19
3.4. As simulações computacionais, na diversidade de recursos das TIC, e a sua aplicação no ensino .....	21
<b>Capítulo 4. O ensino do Equilíbrio Químico e as simulações computacionais... 25</b>	<b>25</b>
4.1. O princípio de Le Châtelier e o equilíbrio químico.....	25
4.2. Ensino do Equilíbrio Químico, em Portugal .....	26
4.2.1. <i>Programa da disciplina de Química.....</i>	<i>26</i>
4.2.2. <i>Dificuldades identificadas no ensino do Equilíbrio Químico.....</i>	<i>26</i>
4.3. A importância da integração das simulações computacionais no Ensino do Equilíbrio Químico.....	28
<b>Capítulo 5. Qualidade e avaliação de software educativo.....</b>	<b>31</b>
5.1. Qualidade do software educativo .....	31
5.2. Avaliação do software educativo .....	32
5.3. O sistema de avaliação de software educativo em Portugal (SACAUSEF).....	34
<b>Parte II. Enquadramento teórico-metodológico: a investigação, o tratamento e a análise dos dados.....</b>	<b>37</b>
<b>Capítulo 6. Problema em estudo e metodologia de investigação .....</b>	<b>39</b>
6.1. Objectivo e funções do estudo de avaliação.....	39
6.2. Simulações computacionais disponíveis .....	39
6.3. Metodologia de investigação.....	43
<b>Capítulo 7. Apresentação e análise de resultados .....</b>	<b>47</b>
7.1. Apresentação e análise de conteúdo.....	47
7.2 <i>Apresentação e análise dos resultados obtidos da aplicação de um questionário a professores.....</i>	<i>51</i>
7.3. Apresentação e análise dos resultados obtidos da aplicação de um questionário a alunos .....	56



<b>Capítulo 8. Considerações finais .....</b>	<b>65</b>
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO 1 - Questionário do Professor .....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO 2- Resultados obtidos dos questionários dos professores .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO 3 - Questionário do aluno.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO 4 - Resultados obtidos dos questionários dos alunos .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO 5 - Roteiro de exploração .....</b>	<b>89</b>

## Capítulo 1. Introdução

Na nossa sociedade a designada Sociedade da Informação, indiscutivelmente tecnológica, as fronteiras foram eliminadas, as distâncias foram reduzidas e a informação disponível ao indivíduo é, simplesmente, infinita, pelo que, mais importante do que obter informação é preciso saber seleccioná-la, já que importa ser-se capaz de proceder a uma permanente actualização em termos de informação e de conhecimento (Viana & Oliveira, 2011).

Naturalmente, também a escola tem de estar atenta a estas transformações, procurando formar jovens criativos, inovadores e saudavelmente competitivos. Neste contexto, levar as Tecnologias de Informação e de Comunicação<sup>1</sup> (doravante, TIC) para a Escola é um importante desafio, uma vez que a sua integração curricular pode ser um excelente recurso para estimular aprendizagens, uma vez que os alunos já se encontram muito motivados para usar as TIC fora da própria escola. Segundo Figueiredo (1995) com as TIC, os alunos «podem aprender fazendo coisas, em vez de aprenderem ouvindo dizer como é que tais coisas devem ser feitas».

O recurso às TIC em contexto educativo pode alterar o processo de ensino-aprendizagem já que torna possível entre outras coisas a elaboração de recursos multimédia em que pode existir simultaneamente, texto, imagem fixa, imagem animada, som e vídeo. No entanto, há algo que nunca mudará: a importância do papel facilitador da aprendizagem assumido pelo professor (Paiva, 2005).

A utilização das TIC apresenta numerosas vantagens para o ensino das Ciências e em particular no ensino da Química. Estas permitem trazer para dentro da sala de aula situações que de outra forma estariam inacessíveis. *Grosso modo* as TIC permitem o acesso a informação não só muito vasta como permanentemente actualizada. Na internet podemos encontrar as mais recentes descobertas científicas, dispensando uma pesquisa exaustiva em diversos locais, geograficamente distantes ou inacessíveis. É possível a comunicação com outros professores e alunos de Química (Mintzes, Wandersee & Novak, 2000). Além disso, numa ciência experimental como é a Química, a componente prática é

---

<sup>1</sup> A designação Tecnologias da Informação e Comunicação é utilizada quando nos referimos ao conjunto de recursos tecnológicos e computacionais utilizados para a criação e utilização da informação. (Fernandes & Barbot, 2004)

muito importante em sala de aula, pelo que esta componente sai reforçada com a utilização das TIC. O recurso a vídeos, que apresentam actividades experimentais, a jogos didácticos, que treinam o raciocínio lógico do aluno, e a simulações computacionais que permitem representar determinados sistemas e respectiva evolução, são algumas das vantagens obtidas com a utilização das TIC.

Actualmente, os recursos disponíveis que podem auxiliar o processo de ensino-aprendizagem (Trein & Schemmer, 2009) são cada vez em maior número e versam principalmente, temáticas de difícil aprendizagem pelos alunos. No entanto, ainda é escassa a avaliação que se faz destes recursos.

No presente trabalho, e de entre a multiplicidade de recursos educativos disponíveis, será analisada uma simulação computacional disponível online que aborda os factores que afectam o equilíbrio químico. O estudo do equilíbrio químico, além de gerar um conjunto considerável de dificuldades (Solaz & Quilez, 2001, Van Driel & Gräber, 2002), durante o processo de ensino-aprendizagem, também padece do facto de se tratar de uma temática sobre a qual não há grande sistematização a nível da sua abordagem em sala de aula apesar da sua importância e inúmeras dificuldades e erros que gera durante processo ensino-aprendizagem. Deste modo reveste-se de particular importância o aparecimento de propostas de abordagem didáctica que facilitem o processo de ensino-aprendizagem do equilíbrio químico.

O estudo do equilíbrio químico é muitas vezes caracterizado como abstracto e de interpretação microscópica complexa, pelo que é um dos temas do currículo da Química que mais se adequa para a utilização de simulações computacionais. O equilíbrio químico detém grande importância no contexto da Química razão pela qual nos propusemo-nos utilizar uma simulação computacional em sala de aula sobre os factores que afectam o equilíbrio químico e analisar o seu impacto no processo ensino-aprendizagem. Paralelamente, efectuámos uma revisão bibliográfica sobre a utilização de simulações computacionais no contexto ensino-aprendizagem, de que forma tem sido feita a sua inclusão em contexto escolar e perceber em que medida tem sido bem sucedida ou não.

Assim este trabalho envolveu diversas etapas:

- a escolha da simulação online para o estudo do equilíbrio químico, em particular os factores que o afectam;

- integração da simulação escolhida no contexto ensino-aprendizagem;
- aplicação de inquérito através de questionário aplicado quer a professores quer a alunos sobre a utilização da simulação e o impacto no processo de aprendizagem;
- análise dos resultados após tratamento dos dados obtidos através da aplicação dos inquéritos por questionário;
- proposta de um roteiro de exploração da simulação para alunos.

O presente trabalho encontra-se organizado em duas grandes partes. Na primeira parte é feito ao longo de quatro capítulos todo um enquadramento teórico do problema em estudo. Assim no segundo capítulo é analisada a sociedade e a educação para o século XXI, em que se reflecte sobre a importância, o papel e os limites assumidos pelas TIC nos *curricula* dos ensinos básico e secundário na sociedade actual. No terceiro capítulo, a que chamámos «As TIC no contexto educativo e ensino da Química», é abordado a utilização das TIC em geral, em contexto educativo, no ensino da Química; e em particular a utilização, das simulações computacionais nesse mesmo ensino. O ensino do Equilíbrio Químico as simulações computacionais e a sua integração é um tema que será abordado no quarto capítulo, terminando-se esta primeira parte com a apresentação do sistema de qualidade do software educativo, e em particular, das diferentes perspectivas de avaliação do software educativo.

A segunda parte deste trabalho, volta-se para o enquadramento teórico-metodológico, no qual é apresentada a investigação, o tratamento, e análise dos dados e tecem-se algumas considerações finais. Assim o sexto capítulo é definido a investigação a realizar com apresentação do objectivo e funções do estudo, objecto a avaliar e metodologia utilizada; no sétimo capítulo, são apresentados e analisados os resultados em ambos os grupos estudados (professores e alunos), apresentando-se no capítulo oitavo algumas considerações finais no que se refere as virtudes e limitações gerais.



# **Parte I. Enquadramento teórico**



## **Capítulo 2. A sociedade e a educação para o século XXI**

### **2.1. A escola na sociedade actual**

As TIC ocupam um papel capital na actual sociedade, estando cada vez mais integradas na nossa vida, em termos pessoais, profissionais, culturais e económicos (Paiva, 2005). As TIC vieram, de facto, para ficar, sendo absolutamente, essencial aprender a explorar todas as suas potencialidades. Na verdade, esta sociedade da informação representa, cada vez mais, um modo de desenvolvimento em termos sociais e económicos, pelo que o futuro dos países será forçosamente condicionado pela maneira como as TIC forem assimiladas, na vida em geral (Livro Verde para a Sociedade da Informação em Portugal, 1997).

Será absolutamente decisiva para o futuro dos países e do seu desenvolvimento, a forma como a escola lida com as TIC. Afinal, esta instituição enfrenta, cada vez mais dificuldades em competir e adaptar-se aos desafios tecnológicos e sociais, não sendo mais o espaço privilegiado de aprendizagem (Ponte, s/d). A escola deixou de ter o papel primeiro de fornecer a bagagem do conhecimento de outrora, assumindo agora mais o papel de fornecer um determinado corpo de conhecimentos para permitir apenas determinada actividade profissional. Apesar dos alunos estarem cada vez mais motivados para a utilização das TIC e menos motivados para os métodos tradicionais, assiste-se ainda hoje ao recurso sistemático, por parte de muitos professores, a metodologias transmissivas e não construtivistas, muito baseadas em correntes pedagógicas tradicionais, pelo que há que adaptar tais métodos à utilização das TIC (Villate, 2005). Neste sentido, é cada vez mais importante deixar de colocar a tónica na informação e no próprio conhecimento em si, para colocá-la na aprendizagem e no seu processo, fazendo com que os alunos tenham acesso a experiências educativas de qualidade. É o caso de determinadas situações educativas que recorrem, precisamente, às próprias tecnologias – tecnologias que apoiem o aluno no processo de representação, de reflexão e, consequentemente, de construção de conhecimento. A Sociedade actual requer, portanto, que o professor assuma novos papéis, isto é, deixe de ter o tradicional papel de transmissor de conhecimentos (Costa, s/d) e passe a colocar novos desafios. O professor deve pois ser capaz de oferecer apoio personalizado, orientar o aluno para que este aprenda de forma activa e criar ambientes de aprendizagem



que ajudem o aluno na procura do saber (Morais & Paiva, 2006). Porém, é óbvio que o protagonismo assumido pelo professor continua a ser essencial. Contudo, a questão não está tanto no que se usa, mas no como se usa, já que podem ser usadas determinadas ferramentas (ainda que) transmissivas, ainda que (mais) orientadas para estratégias mais centradas no aluno: «*Computers may never replace [...] teachers but teachers who are computer-literate may replace those who are not.*» (Faramarz Amiri, citado por Moraes, 2006). Todavia, não se pode promover a inclusão digital tão-só através da compra de computadores e da disponibilização do acesso à Internet em alta velocidade para os alunos. Afinal, os equipamentos e a Internet são apenas ferramentas no processo de inclusão digital, sendo também necessário preparar os alunos para transformarem dados em informação e informação em conhecimento (2004, Bottentuit Junior & Firmo, citado por Bottentuit Junior & Coutinho, 2007). No mundo em constante transformação importa, pois, formar indivíduos que demonstrem flexibilidade e capacidade de comunicação, que queiram, igualmente, aprender ao longo da vida (Delors et al, 1996).

## **2.2. A integração curricular das TIC**

Como já foi referido o grau de integração das TIC no ensino tem vindo a ser apontado, como um factor importante a ter em conta em termos da determinação do desenvolvimento de um país. Se a integração das TIC, o recurso a quadros interactivos e a conteúdos educativos em formato digital, no ensino em países como Inglaterra, Finlândia, França, Nova Zelândia e Estados Unidos, é uma realidade desde há muitos anos, tal só aconteceu muito recentemente no nosso país, não obstante as significativas melhorias que têm sido registadas neste domínio (Morais, 2007). Com efeito, em Portugal, o recurso às TIC em sala de aula é já percepcionada como indiscutível. Porém, continua a existir um desfasamento enorme entre o seu uso potencial e o seu uso efectivo, pelo que ainda há um longo caminho a percorrer. Apresentaremos, de seguida, algumas das etapas mais marcantes na forma como as TIC foram sendo introduzidas quer no ensino em Portugal quer na Europa.

### **2.2.1. Integração das TIC nos sistemas educativos na Europa e em Portugal**

A designada revolução tecnológica no campo das TIC teve o seu início em finais da década de 80. O «Livro Branco sobre a educação e a formação – Enseigner et Apprendre vers La Société Cognitive», lançado em 1995, foi uma etapa decisiva para o

desencadeamento desta revolução. Nele eram destacadas as diversas metamorfoses pelas quais passava a sociedade europeia, e tinha como objectivo promover o aparecimento de uma sólida sociedade da informação, através, fundamentalmente, de políticas de educação e de formação dos estados-membros, em que a percepção da aprendizagem como um processo ao longo da vida fosse uma evidência inquestionável. No livro editado pela UNESCO intitulado «Educação, um tesouro a descobrir», há, precisamente, a seguinte recomendação: *«os sistemas educativos devem dar resposta aos múltiplos desafios da Sociedade da Informação, na perspectiva de um enriquecimento contínuo dos saberes e do exercício de uma cidadania adaptada às exigências do nosso tempo»*.

Em Portugal, o primeiro passo neste longo caminho foi dado Projecto Minerva que decorreu entre 1985 e 1994 – surgindo o seu acrónimo da designação de «Meios Informáticos no Ensino: Racionalização, Valorização, Actualização» e cujo principal objectivo foi o da introdução de meios informáticos no ensino. Em 1996, surgiu o «Programa Nónio – Século XXI» onde se voltava a apostar nas tecnologias multimédia e nas redes de comunicação.

Na Europa, o Programa «eEurope – uma Sociedade da Informação para Todos», lançado no ano de 1999 visou difundir as tecnologias de informação e comunicação por todos os cidadãos europeus e desenvolver-lhe competências neste domínio. Ainda em 2000 foi lançada a «Iniciativa Internet», que decorreu até 2006 e visou divulgar as vantagens das TIC ao maior número de cidadãos e formar dois milhões de pessoas em competências básicas em TIC. Também no quadro do programa «eEurope» e no mesmo ano (2000), a Comissão Europeia lançou o «Plano de Acção eLearning – Pensar o futuro da Educação», com duração de quatro anos, a fim de promover o recurso às TIC para a melhoria da qualidade das aprendizagens, através da disponibilização do acesso a recursos educacionais, serviços e a redes de colaboração à distância.

O governo português, por seu turno, e para dar continuidade ao Programa Nónio–Século XXI, nomeia um grupo de especialistas responsável por elaborar um Plano de Acção para a Educação, a nível das TIC. Com o Programa de Desenvolvimento para Portugal - PRODEP III (2000-2006) pretendia-se equipar as escolas de meios informáticos e de produtos multimédia, promovendo a própria formação contínua de professores em TIC. No âmbito deste programa fomentou-se a construção e a validação de recursos

didáticos disponibilizados na Internet e a melhoria das infra-estruturas necessárias para o funcionamento da rede.

No entanto, a verdade é que o acesso às potencialidades decorrentes do uso das TIC em sala de aula depende, em muito, da forma como a sua mobilização é feita. Não será possível integrar curricularmente as TIC se, por exemplo, não houver professores formados para trabalhar com os computadores que foram colocados em sala de aula, ou se os alunos não souberem o objectivo específico de serem conduzidos até à sala de informática. A integração das TIC a nível curricular apenas ocorre se estas forem utilizadas como parte do currículo e facilitarem a aprendizagem, ou se houver recurso a software educativo em contexto escolar. Seguindo esta ordem de ideias Morais (2006 citado em Sánchez, 2002), considera haver três níveis de integração curricular das TIC:

a) nível da aprendizagem, que consiste numa fase de iniciação, não havendo, portanto, fins educativos;

b) nível do uso, em que já há um conhecimento das TIC e a sua utilização, por professores e por alunos, na realização de tarefas variadas, ainda que não haja um propósito curricular definido;

c) nível da integração, em que, finalmente, as TIC são integradas no currículo, com um objectivo educativo previamente determinado e com um explícito objectivo em termos da própria aprendizagem.

Na fase de integração assiste-se à utilização, pelos alunos, de diferentes softwares educativos, que simulam cenários variados e que manipulam diversas variáveis.

### **2.2.2. A integração das TIC nos Ensinos Básico e Secundário, em Portugal**

Na reorganização curricular do Ensino Básico imposta pelo Decreto-Lei 6/2001 de 18 de Janeiro, nas escolas dos 1.º e 2.º ciclo a partir de 2001, e no 3.º ciclo a partir de 2002, é defendida a relevância da integração das TIC a nível curricular. No preâmbulo deste Decreto-Lei, explicita-se, precisamente, que a utilização das TIC representa, além do domínio da língua e da valorização da dimensão humana do trabalho, uma formação de natureza transdisciplinar, o que significa que as TIC devem estar presentes quer em todas as disciplinas e áreas disciplinares quer nas próprias áreas curriculares não disciplinares:

*«Constitui ainda formação transdisciplinar de carácter instrumental a utilização das tecnologias da informação e da comunicação, a qual deverá conduzir, no âmbito da escolaridade obrigatória, a uma certificação da aquisição das competências básicas neste domínio» (artigo 6.º).*

Em 2004, através do Decreto-Lei 74/2004 de 24 de Março, que alterou o Decreto-Lei n.º 7/2001 de 18 de Janeiro, foi introduzido nos *curricula* a disciplina Introdução às Tecnologias da Informação e Comunicação (ITIC) de carácter obrigatório no 9.º ano de escolaridade, com o objectivo de que qualquer aluno que conclua a escolaridade obrigatória pudesse adquirir as competências mínimas no domínio das TIC. Para que este objectivo fosse alcançado foi também definido que, até ao início do ano lectivo de 2004-2005, o Ministério da Educação implementaria:

a) as infra-estruturas educativas necessárias a esta alteração nos *curricula* mobilizando para tal os recursos financeiros necessários à instalação de 1000 novas salas de aula devidamente equipadas e especialmente vocacionadas para o ensino destas matérias, prevendo-se que este programa de apetrechamento cobrisse todas as escolas básicas do 3.º ciclo e as escolas secundárias que ainda não dispusessem das condições exigidas. Além disso, cada sala de aula disporia de 15 postos de trabalho ligados em rede, um projector, ligação à Internet e as aplicações com as ferramentas de produtividade mais utilizadas;

b) a formação de professores para responder a este desafio, dando-se prioridade aos professores profissionalizados do 39.º Grupo e aos professores sem funções lectivas atribuídas, que se dispusessem a adquirir as competências necessárias a assegurar esta mesma disciplina.

Em simultâneo, foi igualmente reforçada a ideia que em cada um dos três ciclos do ensino básico, as TIC deveriam ter uma presença de destaque nas próprias áreas curriculares não disciplinares. Deste modo, defendia-se que no final do percurso de escolarização, o aluno devesse conseguir utilizar as TIC de forma satisfatória e, sendo um utilizador tecnologicamente competente, mais dificilmente seria alvo de exclusão social, pois estaria mais bem preparado para singrar na sociedade.

A revisão curricular do Ensino Secundário (Decreto-Lei 74/2004 de 24 de Março) colocou mais uma vez a tónica na importância de formar jovens com um sólido domínio das ferramentas de informação e de comunicação, facilitadoras da sua própria integração na sociedade. Em função da disciplina em causa, a integração das TIC é considerada de forma diferente, podendo implicar, por exemplo, a utilização de software genérico – como

o processador de texto, a folha de cálculo, a base de dados, o correio electrónico – ou de software específico de cada disciplina e o próprio recursos a variados meios de comunicação – como o acesso a redes locais e à Internet, ou a criação de páginas.

Em 2002 foi apresentado o resultado de um estudo realizado pelo Departamento de Avaliação Prospectiva e Planeamento, do Ministério da Educação Português, intitulado «As Tecnologias da Informação e Comunicação: utilização pelos professores». Neste estudo visava-se, essencialmente, conhecer qualitativa e quantitativamente o equipamento informático pessoal dos professores; conhecer as características de utilização que os professores faziam do computador, dentro e fora do âmbito escolar; inferir o modo como é feita a formação para o uso das TIC; avaliar as motivações e os constrangimentos que condicionam os professores no que se refere ao uso das TIC. Entre os principais resultados, deste estudo sobressai que:

- 91% dos professores usava o computador como ferramenta pessoal de trabalho, mas, destes
- só 53% o usava para realizar múltiplas tarefas; os professores do 3.º ciclo e do ensino secundário são os que mais usam o computador para realizar múltiplas tarefas;
- a auto-formação em informática representava 49% dos professores;
- os professores usavam o computador, sobretudo, para preparar fichas e/ou testes em quase todos os níveis de ensino;
- a Internet como fonte de informação para preparar aulas era fundamentalmente usada pelos professores do 3.º ciclo e do ensino secundário;
- os tipos de actividades desenvolvidas pelos alunos quando usavam TIC em contexto educativo eram a consulta, a pesquisa, a produção e a edição de informação;
- 94% dos professores gostaria de saber mais sobre o uso das TIC em contexto educativo (Paiva, 2002; Moraes & Paiva, 2009).

O que pareceu sobressair deste estudo de 2002 foi a falta de competências tecnológicas básicas, que permitissem aos professores trabalhar de forma confiante com as ferramentas disponíveis e o conjunto de procedimentos tecnológicos, de teor fundamentalmente pedagógico e didáctico, sem os quais a inserção das TIC no processo de

ensino-aprendizagem não teria o êxito pretendido. Passados dez anos, acreditamos que o cenário não se tenha alterado substancialmente no que se refere ao perfil do corpo docente, apesar do investimento que tem sido feito (*e.g.* plataforma Moodle, quadros interactivos, etc.).

### **2.3. Vantagens e desvantagens do uso das TIC no contexto educativo**

Um uso planeado das TIC em contexto educativo tem inúmeras potencialidades associadas já identificadas (Wild, 1996 & Almeida, 2004 citados em Correia, 2005) como seja:

- auxiliar o aluno a descobrir o conhecimento por si próprio, já que é uma forma de aprendizagem activa, em que o professor assume um papel de intermediário entre a informação e o aluno, fomentando a criatividade, a autonomia e o pensamento crítico;
- favorecer actividades de metacognição;
- fomentar o raciocínio formal;
- diversificar as metodologias de ensino-aprendizagem;
- incrementar a motivação dos professores e alunos;
- aumentar a informação acessível e que está disponível de forma rápida e simples, facilitar a interdisciplinaridade;
- possibilitar a formulação de hipóteses e respectiva testagem e análise dos resultados;
- permitir o trabalho com indivíduos que se encontrem distantes, em termos geográficos;
- facilitar o recurso a medidas rigorosas de grandezas físicas e químicas e o controlo de equipamento laboratorial;
- auxiliar na identificação das dificuldades alunos.

Porém, ao uso das TIC também não é alheio a algumas limitações como sejam (Wild, 1996 & Almeida, 2004 citados em Correia, 2005):

- escassez de software de qualidade técnica e de qualidade pedagógica assinalável;
- alunos ainda sem computador, devido a dificuldades económicas, apesar do esforço com programas de apoio como seja o Programa Magalhães;

- deficiência da formação inicial e contínua dos professores ao nível do uso das tecnologias e respectiva utilização em sala de aula;
- raridade de estudos sobre o impacto do uso das TIC em contexto educativo;
- problemas em termos da gestão de tempo;
- a utilização inadequada de material tecnológico;
- a ausência de sítios que promovam uma navegação livre, ainda que sempre criteriosa, pela Internet.

Da utilização das TIC no contexto educativo decorrem, portanto, muitas potencialidades, mas os limites também não podem ser ignorados. Afinal, os problemas que as escolas não podem resolver sem computadores, também não poderão ser resolvidos, pelo menos, em exclusivo, com eles.

### **Capítulo 3. As TIC no contexto educativo e ensino da Química**

#### **3.1. As TIC no contexto de diferentes teorias da aprendizagem**

Quando se analisa o uso do computador à luz das diferentes teorias da aprendizagem há aspectos que devem ser destacados. Na verdade, estas teorias da aprendizagem defendem, como veremos, diferentes concepções quanto à aplicação das TIC no Ensino.

Nos anos 60 e 70 assistimos aos primeiros passos na elaboração de modelos que permitiram estabelecer uma ligação entre os sistemas de computação e a educação. Estes modelos estavam alicerçados em diferentes teorias educacionais, que iam desde o pólo do “behaviorismo” até ao pólo do construtivismo. Para vários autores, a orientação pedagógica de utilização do computador oscila, precisamente, entre estes dois grandes pólos (Pereira, 1993). No behaviorismo, o aluno aprende através do computador, que funciona como «máquina de ensinar», enquanto, no construtivismo, é o utilizador que «ensina» o computador, encarado como ferramenta que permite representar e organizar as ideias. No behaviorismo, a aprendizagem é baseada num processo de condicionamento, decorrente de uma associação de estímulos e de reacções, não se tendo em conta os processos mentais trilhados no caminho que vai do comportamento inicial ao final. No construtivismo, o significado é uma nossa imposição ao mundo, não existe sem nós, realçando-se o papel dos processos internos do indivíduo. Nesta linha, a aprendizagem é um processo, sendo o aluno o sujeito activo, sendo também nesta perspectiva que são integrados softwares como processadores de texto, programas de pesquisa, de selecção e de organização de informação, software para criação de bases de dados e gráficos entre outros. Assim, só há verdadeira aprendizagem se esta última passar pelo interior do sujeito, cabendo ao computador estimular e diversificar as actividades cognitivas propostas. Na base deste paradigma, encontram-se os estudos de Piaget, a defenderem que a aprendizagem é um processo normal e progressivo, de exploração e de descoberta; porém, não foram tidas em conta as diferenças entre os indivíduos. Ausubel (1963) e Bruner (1966) também são considerados, em diversos aspectos, construtivistas. Bruner ficou ligado ao chamado ensino por descoberta, que fomentou a aplicação da aprendizagem pela descoberta, devido ao facto de defender que esta é a única forma verdadeira de



aprendizagem. Nesta perspectiva, o aluno constrói o seu próprio conhecimento. Porém, continua a não ser tido em conta aquilo que o aluno já sabe, apesar de este ter sido colocado no centro da aprendizagem. Para Ausubel (1963), por seu lado, o professor deve estabelecer pontes cognitivas, ou seja, estabelecer ligações entre a matéria e os conhecimentos que o aluno já possui. Já em relação aos autores que, dentro das abordagens clássicas, mais se preocuparam com a aplicação dos computadores no ensino, merece especial destaque Papert (1988). Papert ficou associado à utilização do computador como meio de expressão. Este autor também defende que as matérias devem ser ensinadas em função do estágio de desenvolvimento do aluno.

Mais ou menos inspiradas nas correntes anteriores, foram surgindo outras correntes defendidas por outros autores, com posições mais ou menos distintas, no que se refere à relação ensino-TIC. Porém, ainda gostaríamos de destacar mais dois paradigmas, muito valorizados, no ensino das ciências: o movimento das concepções alternativas e o ensino por pesquisa e, mais particularmente, o chamado paradigma Ciência-Tecnologia-Sociedade. O chamado movimento das concepções alternativas atribui uma atenção muito grande aos conceitos prévios dos alunos, que estes carregam, em virtude da sua vida ímpar, e com base nos quais se sedimentarão os conhecimentos científicos transmitidos. É um movimento que se funda numa epistemologia racionalista (que se opõe ao empirismo) e, na sua óptica, os factos científicos não são dados, mas pelo contrário são construídos, sendo que a teorização precede a própria observação em ciência. Essas representações dos alunos seriam indubitáveis estruturas de acolhimento dos conceitos científicos ensinados. Daí, a imperiosa necessidade de o professor ter em conta que o aluno não é uma «tábua rasa», mas um ser dotado de crenças e de conhecimentos prévios. Ainda neste sentido, a aprendizagem é, consequentemente, feita por assimilação cognitiva, pressupondo a integração do que é novo no quadro das prévias estruturas conceptuais anteriores. Em síntese, importa, portanto, não ignorar a relevância da prévia detecção dos designados conceitos alternativos dos alunos. Nomes importantes, podem ser destacados, ainda que a título meramente exemplificativo, Bachelard (1951), Popper (1959), Kuhn (1962), Lakatos (1984), Ausubel (1963) e Piaget (1976). Note-se que as designadas concepções alternativas são diferentes dos conceitos científicos. As concepções alternativas, longe de tenderem para a abstracção matemática, são, de natureza figurativa, não estruturada e pessoal. Mas as concepções alternativas também não são os chamados erros de cálculo ou lapsos de

memória. As concepções alternativas apresentam uma determinada coerência interna nos seus esquemas, apesar de se poder tratar de uma coerência frágil. Alguns estudos têm demonstrado que é difícil substituir tais concepções alternativas dos alunos, mesmo quando estes são submetidos a um ensino formal.

No entanto, o ensino por mudança conceptual revelou-se, a certa altura, insuficiente na preparação dos alunos para a sociedade actual, já que possuir um esquema conceptual bem organizado passou a não assegurar que essa geração, aquando da saída da escola, estivesse bem preparada para tomar decisões conscientes e devidamente fundamentadas. Ora, acontece que esta situação conduziu a uma reflexão cuidada por parte de investigadores em Didáctica das Ciências. Foi então neste contexto que Cachapuz, Praia & Jorge (2000) apresentaram uma nova perspectiva para o ensino das Ciências denominado ensino por pesquisa.

O ensino por pesquisa representa por isso um outro paradigma no ensino das Ciências. Como diz Cachapuz, Praia & Jorge (2000), importa, afinal, «questionar o papel dos conteúdos do ensino, colocando-os ao serviço da Educação em Ciência e não meramente da instrução». Os conteúdos científicos continuam a ser relevantes, mas não enquanto fim em si mesmo, mas como preparação para a vida futura. A própria Ciência ensinada deve também ser útil para o quotidiano do aluno, donde decorre que é dada uma importância muito significativa ao uso de contextos reais. O movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), movimento internacional de reforma do ensino das Ciências, desenvolvido desde meados da década de 80, caracteriza-se, *grosso modo*, pelo recurso a metodologias e a abordagens inovadoras de ensino de ciências, de modo a conduzir a um efectivo desenvolvimento da literacia científica. O ensino Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), por sua vez, e também enquanto mobilizador de um ensino por pesquisa, incentiva o aluno a encontrar, no próprio quotidiano, a resposta para os problemas com que se depara. Neste quadro, o aluno assume um papel muito activo quer na formulação de um problema quer na procura da respectiva solução e, portanto, manter-se-á motivado para aprender.

O ensino por pesquisa preocupa-se com os conhecimentos, mas também não ignora os valores e as atitudes que os alunos devem adquirir. Cachapuz, Praia & Jorge (2000) defendem que este ensino por pesquisa deve primar por apresentar:

- inter e transdisciplinaridade;

- problemáticas do quotidiano, que motivem os alunos a aprender;
- enquadramento social, surgindo a ciência e a tecnologia como produtos da sociedade;
- epistemologia, para destacar a natureza do conhecimento científico, os seus limites, validade e história a fim de mostrar a dinâmica da ciência, a evolução da tecnologia e a interacção com a sociedade.

Estes autores defendem ainda um pluralismo metodológico, em termos de estratégias utilizadas.

As TIC permitem o acesso e promovem a troca de conhecimento pelo mundo através da internet. Possibilitando ao aluno a descodificação, compreensão e armazenamento do conhecimento de acordo com a sua condição e intelecto, contribuem assim para o seu próprio desenvolvimento

### **3.2. As TIC no ensino da Química**

O ensino, em geral, e o ensino da Química em particular, têm muito a beneficiar com o uso das TIC. Em primeiro lugar, as TIC podem ser extremamente úteis na obtenção de informação actualizada, o que é crucial para um ensino rigoroso das ciências em constante evolução. Actualmente todas as revistas científicas apresentam publicação e disponibilização online. A facilidade com que se faz uma pesquisa *online* sobre qualquer assunto é indiscutível. O acesso à informação integrada é importante não só para que o professor planifique melhor as suas aulas, e se actualize, como também para o envolvimento do aluno, que também pode pesquisar (sobre descobertas recentes,) aplicações ou implicações relacionadas com os conteúdos curriculares estudados, e compreender o modo como a Ciência evolui e se constrói. Em segundo lugar, sai reforçada a facilidade de comunicação com pessoas em qualquer parte do mundo, podendo os alunos integrar-se em projectos orientados por cientistas e professores numa interacção de esforços. Em terceiro lugar, o ensino da Química pode beneficiar de forma significativa com o recurso a programas de software existentes, como sejam as bases de dados electrónicas, que poderão ser uma forma de aceder a dados sobre determinado elemento ou substância de forma mais confortável, ou as ferramentas de cálculo e de representação gráfica, que desempenham um papel importante sobretudo em apoio à componente experimental. Deste modo, fica mais tempo para outras etapas do trabalho experimental propriamente dito. Há também determinados recursos (como por exemplo a modelação),

com os quais os alunos podem construir outras ferramentas e utilizá-las confrontando-as quer com versões anteriores, quer com concepções alternativas dos alunos, ou ainda com outros modelos conceptuais mais consentâneos com a realidade.

Entre a vasta panóplia de aplicações multimédia construídas especificamente para o ensino da Química, existem os programas para regulação e controlo de experiências, os quais, através de uma ligação entre computador e outro equipamento experimental (por exemplo um sensor), possibilitam a aquisição e registo dos dados em função do tempo, ou outro factor qualquer relacionado com a experiência, a representação gráfica e o tratamento matemático ou estatístico. Alguns exemplos disso são, a medição da temperatura, da intensidade da luz e do pH (Mintzes, Wandersee & Novak, 2000). Desta forma, o ensino e a aprendizagem poderão tornar-se mais motivadores e a gestão do tempo aproveitado para a interpretação de fenómenos. De referir, ainda, que o recurso, por exemplo, a simulações computacionais pode ser considerado aquando do estudo de modelos complexos que impliquem análises microscópicas (Russell *et al.*, 1997). Os jogos didácticos, por sua vez, motivam geralmente mais os alunos e treinam o raciocínio lógico. Mas há muitos mais recursos passíveis de serem utilizados em sala de aula e que podem ter uma relevância indiscutível no processo de ensino-aprendizagem da Química.

### **3.3. A diversidade de recursos das TIC e a sua aplicação no ensino**

Há tantas aplicações informáticas susceptíveis de serem utilizadas como software educativo, que faz com que seja necessário classificá-las e agrupá-las em categorias. Para alguns autores, o software é classificado em função da forma como o conhecimento é manipulado (Knezek, Rachlin & Scnanell, 1988 citados por Valente 1993):

- a) geração de conhecimento;
- b) disseminação de conhecimento;
- c) gerenciamento da informação.

Outros autores por seu lado categorizam as aplicações computacionais mais recorrentes em contexto educativo de acordo com a função que desempenham (Pereira, 1993). Assim, as aplicações podem ser divididas em:

- **tutoriais:** transmitem informação organizada pedagogicamente, encontrando-se os conteúdos divididos com um tema central e com várias ramificações; também podem decidir, automaticamente, se o aluno, quando incorre em dado erro, deve ou

não passar por uma dada sequência instrucional; além disso, respeitam o ritmo de aprendizagem do aluno e são mais motivadoras;

- **animações:** permitem a visualização de fenómenos que são de contacto difícil ou impossível;
- **jogos:** aplicações lúdicas, genericamente do agrado dos alunos; com a Internet, passou a haver “sítios” que disponibilizam jogos; os quatro grandes tipos de jogos são os jogos de arcade, os jogos de mesa, os jogos de estratégia e os jogos de simulação.
- **vídeo:** sendo 50% do que aprendemos realizado através da visão e da audição, a verdade é que estes dois sentidos estão totalmente presentes nas diversas aplicações-vídeo existentes. Entre as principais virtudes decorrentes do uso didáctico do vídeo encontram-se o facto de estimularem o gosto por aprender; favorecerem o rigor intelectual, reduzirem a componente teórica de cada disciplina, melhorarem a criatividade e a interactividade das exposições teóricas professores, facilitarem a comunicação e a relação professor-aluno, permitirem o acesso a um vasto manancial de informação e de conhecimento e, por último, aliarem o entretenimento à aprendizagem;
- **laboratórios baseados em microcomputadores ou programas de controlo de processo:** programas de recolha de dados e de tratamento experimental, que permitem que o aluno desenvolva as suas capacidades de observação e de previsão;
- **redes de computadores:** permitem que alunos, de diferentes origens geográficas, recolham e difundam, através da rede, dados, que são analisados por especialistas e, de novo, partilhados em rede;
- **aplicações gerais que funcionam como ferramentas:** é o caso, por exemplo, de programas de processamento de texto, de manipulação de dados, de construção de gráficos; estes programas são úteis, quer do ponto de vista do professor, quer do aluno, ao permitirem manipular grandes volumes de informação;
- **sistemas periciais:** nestes sistemas, a aprendizagem é feita através da comparação entre os erros e o trabalho de especialistas, sobre como conduzir o raciocínio que leva à solução de dado problema;
- **programas «tutee»:** o aluno apresenta a resolução de problemas através da linguagem de programação, podendo testar o programa, avaliando o êxito ou não

das suas acções; é o caso do software BASIC («Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code»/«Código de instruções simbólico para principiantes e para todos os fins») e do «Logo»;

- **Internet:** também ela pode ser considerada nesta listagem, ainda que não seja software; mas é, de facto, uma rede mundial de milhares de pequenas redes;
- **simulações computacionais:** consistem em programas que apresentam um determinado modelo de um sistema real ou imaginário, permitindo manipular as próprias experiências, como experiências muito difíceis, que levam muito tempo e, até eventualmente perigosas, para serem realizadas em sala de aula. Com as simulações, o aluno pode testar hipóteses, manipular variáveis e verificar a alteração do comportamento do modelo em função da variedade de condições em causa. O uso de simulações computacionais é, na verdade, coerente com a própria prática de investigação científica, a qual cada vez mais as utiliza.
- **programas de modelação:** possibilitam a construção de simulações computacionais pelos próprios alunos, permitindo a confrontação de modelos científicos com as representações dos próprios alunos.

### **3.4. As simulações computacionais, na diversidade de recursos das TIC, e a sua aplicação no ensino**

As simulações computacionais como já se referiu, têm por base um modelo com o qual se visa efectuar a representação de determinado evento. Esta representação é, muitas vezes, efectuada com recurso a analogias e com vista a simplificar a compreensão do processo em questão. Nas simulações é possível aos alunos comparar as suas previsões com a forma como o computador simula um dado processo. A simulação faculta, aliás, a possibilidade de o aluno, por exemplo, desenvolver hipóteses, de as testar e de analisar resultados. Deste modo, também podem ser muito úteis no trabalho em grupo, principalmente, as simulações que impliquem que sejam tomadas determinadas decisões. As simulações podem ser variadas, podendo incluir desde a simples animação, em que o utilizador se limita a observar o próprio evoluir de um evento, até à situação em que é o próprio utilizador a introduzir as expressões necessárias para controlar a simulação. Em relação a estas simulações controladas pelo utilizador, é possível ao aluno definir as

condições iniciais e efectuar representações múltiplas a fim de comparar resultado. No entanto, a maioria das simulações disponíveis são muito simples.

Um dos maiores desafios aquando da construção de simulações, é o de tornar a situação-problema o mais próxima possível do real, já que, caso contrário, tal pode conduzir a uma visão distorcida do mundo, como se este pudesse ser controlado, tal como exibido na simulação.

Com o incremento da capacidade dos computadores e da velocidade de processamento, as simulações têm vindo a marcar cada vez maior presença nas salas de aula, nomeadamente, em situações de ensino-aprendizagem como as seguidamente reportadas (Ribeiro & Greca, 2003): quando um dado fenómeno não pode ser estudado/experimentado fisicamente - situação fictícia; impossibilidade de proceder à análise pelos métodos experimentação comuns; quando o processo ocorre tão rapidamente/lentamente na realidade que impossibilita a sua análise experimental no tempo de aula; o sistema a analisar situa-se numa escala muito pequena/grande, não permitindo a sua observação directa; a perigosidade da manipulação do sistema real; situações que impliquem a realização de experiências que são muito complicadas/dispensiosas.

As simulações computacionais assumem, portanto, um papel muito útil no ensino de Ciências como a Química. Em síntese, eis algumas das principais razões que são apontadas para a utilização de simulações no ensino das Ciências: diminuir a abstracção; fornecer um feedback para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos; permitir a recolha rápida de uma grande quantidade de dados; permitir testar hipóteses; envolver alunos em tarefas muito interactivas; apresentar versões simplificadas da realidade; reduzir a ambiguidade; ajudar a identificar relações de causa-efeito; desenvolver habilidades de resolução de problemas; promover habilidades de raciocínio crítico. De facto, existem vários estudos que demonstram que os alunos que utilizam simulações computacionais ficam mais bem preparados do que aqueles em que não há contacto com elas. A título de exemplo, destaca-se o estudo realizado por Williams e Abraham (Mintzes, Wandersee & Novak, 2000), no qual foi demonstrado que os alunos que usaram simulações sobre comportamentos atómico e molecular obtiveram melhores resultados nos testes de avaliação e na compreensão da natureza dinâmica e corpuscular das reacções químicas e dos conceitos subjacentes, quando comparados com os alunos do grupo de controlo (sem simulação). Rivers e Vockell (Mintzes, Wandersee & Novak, 2000) também demonstraram

que os alunos que receberam algum apoio enquanto usavam simulações tiveram melhores resultados do que aqueles que receberam pouco ou nenhum apoio; e, se comparados com alunos que não usaram tais simulações, os alunos das simulações guiadas revelaram-se melhores a fazer deduções e interpretações dos dados.





## Capítulo 4. O ensino do Equilíbrio Químico e as simulações computacionais

### 4.1. O princípio de Le Châtelier e o equilíbrio químico

O Princípio de Le Châtelier, assim designado em homenagem ao seu autor<sup>2</sup> (químico industrial francês) consiste no seguinte:

*«Tout système en équilibre chimique stable soumis à l'influence d'une cause extérieure qui tend à faire varier soit sa température, soit sa condensation (pression, concentration, nombre de molécules dans l'unité de volume) dans sa totalité ou seulement dans quelques-unes de ses parties, ne peut éprouver que des modifications intérieures, qui, si elles se produisaient seules, amèneraient en un changement de température ou de condensation de sign contraire à celui résultant de la cause extérieure» (Le Châtelier, 1884).*

Por outras palavras, o princípio define que, se for imposta uma determinada alteração (de concentrações ou de temperatura, por exemplo) a um dado sistema químico em equilíbrio, “este tende, se possível, a contrariar a perturbação a que foi submetido” (Paiva, 2000). Assim sendo, a perturbação introduzida com o aumento de concentração de um componente do sistema é seguida de consumo desse componente, até que se atinja um novo estado de equilíbrio; a perturbação devida ao aumento de temperatura favorece a transformação em que há absorção de calor, o que, por sua vez, tende a fazer diminuir a temperatura do sistema; a perturbação introduzida com diminuição de volume de uma mistura gasosa leva ao conseqüente aumento do número de moléculas por unidade de volume – aumentando-se, assim, a pressão do sistema –, é seguida de transformação, no sentido da diminuição do número de moléculas por unidade de volume, registando-se, assim, a tendência para a diminuição da pressão do sistema. Para a formulação deste princípio, e de outros, foram decisivas as solicitações dos industriais metalúrgicos ingleses que queriam melhorar o rendimento da produção de ferro a partir da redução do óxido de ferro (reagente) matéria prima. Ainda a este respeito, refira-se também que Le Châtelier, em 1888, reformulou este princípio, simplificando a linguagem, ainda que sem grandes avanços em termos conceptuais (Paiva, 2000).

---

<sup>2</sup> ainda que tal atribuição se trate de uma questão polémica .

## **4.2. Ensino do Equilíbrio Químico, em Portugal**

### **4.2.1. Programa da disciplina de Química**

O programa da disciplina de Ciências Físico-Químicas, na componente de Química, assenta no chamado paradigma CTS, segundo a qual, como vimos, os conteúdos devem ser leccionados num enquadramento entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

O Equilíbrio Químico é leccionado no 11.º ano de escolaridade na disciplina de Física e Química, sendo estudado, portanto, apenas pelos alunos que optam por componentes científicas no ensino secundário. O conceito do Equilíbrio Químico faz parte da primeira unidade, intitulada «Química e Indústria: Equilíbrios e Desequilíbrios», em que se visa familiarizar os alunos com o ambiente de produção industrial, alertando-os para a importância social e económica da indústria química, ainda que sem escamotear as respectivas contrapartidas ambientais. Em relação a algumas das principais ideias defendidas no programa da disciplina para o seu estudo destacam-se, por exemplo, a defesa de uma participação activa do aluno, a diversificação das actividades propostas, a integração de conhecimentos teóricos em contextos de aplicação prática, tais como problemas ambientais da nossa sociedade actual, ou evoluções tecnológicas.

Nesta primeira unidade, são ainda abordados o conceito de rendimento de uma reacção química e os factores que influenciam a extensão de uma reacção, bem como os próprios processos que conduzem ao estabelecimento, perturbação e novo estabelecimento do equilíbrio químico, sempre devidamente contextualizados a nível da sua aplicação prática na indústria química. Em síntese, o equilíbrio químico surge contextualizado, no programa da disciplina, de uma forma prática, envolvendo uma indústria com relevância social em que trabalham cientistas e engenheiros, o que poderá servir como factor de motivação extra para grande parte dos alunos.

### **4.2.2. Dificuldades identificadas no ensino do Equilíbrio Químico**

São inúmeras as dificuldades já identificadas em termos da compreensão do Equilíbrio Químico, por parte dos alunos, pelo que destacaremos apenas dois dos estudos realizados praticamente em simultâneo (Solaz & Quílez, 2001, Van Driel & Gräber, 2002), nos quais estão bem identificadas as dificuldades sentidas pelos alunos aquando do seu estudo. Assim estes estudos destacam como principais dificuldades:

- uma série de concepções alternativas que associam a utilizações erróneas do princípio de Le Châtelier:

- a adição de reagentes, a pressão e temperatura constantes, implica sempre o deslocamento do equilíbrio no sentido de formação dos produtos;
- a adição de sólidos em equilíbrios heterogéneos altera o equilíbrio;
- a adição de um gás inerte a um sistema em equilíbrio químico nunca o perturba, já que o gás não reage porque não é um reagente:
  - a) a adição de um gás inerte, a volume e a temperatura constantes, aumenta a pressão total do sistema, e esta alteração é minimizada pela diminuição do número total de partículas de espécies no estado gasoso;
  - b) a adição de um gás inerte, a pressão e temperatura constantes, não perturba o equilíbrio, porque o volume aumenta, ainda que tal não afecte o equilíbrio, pois a pressão é mantida constante;
- as fracções molares dos gases em reacção não variam;
- a adição de gases inertes, a pressão e a temperatura constantes, numa reacção do tipo  $A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$ , diminui a pressão parcial de A, provocando um deslocamento no sentido do reagente;
- não distinção entre reacções irreversíveis e reversíveis;
- a reacção directa completa-se antes de a reacção inversa começar;
- não distinção entre velocidade e extensão;
- a velocidade da reacção directa aumenta ao longo do tempo;
- não ocorre reacção durante o equilíbrio dinâmico;
- o equilíbrio é encarado como um pêndulo oscilante;
- visão compartimentada do equilíbrio, acreditando-se que existe um “lado esquerdo” e um “lado direito”, que actuam de forma independente;
- massa e concentração significam o mesmo para as espécies químicas presentes no equilíbrio;
- há uma relação simples entre reagentes e produtos no equilíbrio, sendo mais comum a ideia de que, no equilíbrio, a concentração de reagentes é igual à dos produtos;
- incompreensão do princípio de Le Châtelier de forma significativa, aplicando-o sem a sua compreensão; tentativa de aplicar o princípio de Le Châtelier em situações fora do âmbito em que o mesmo é válido;

- aplicação da formulação geral do princípio de Le Châtelier a alterações de pressão ou volume, de igual forma;
- na formação de um novo equilíbrio, as velocidades das reacções inversa e directa mantêm-se igual às do anterior equilíbrio;
- quando a temperatura de um sistema é alterada, a sua evolução pode ser prevista sem se saber se a reacção é exotérmica ou endotérmica;
- crença que as alterações ao equilíbrio produzem efeitos apenas num dos “lados” da equação;
- a constante de equilíbrio altera-se com alterações de concentração ou de volume de reagente e/ou produtos; a constante de equilíbrio é independente da temperatura;
- um catalisador afecta de modo diferente as velocidades da reacção directa e inversa, implicando alterações no valor da constante de equilíbrio (questão cinética).

Estes mesmos estudos apontam algumas estratégias/vias para ultrapassar as dificuldades encontradas:

- aumentar o recurso a explicações termodinâmicas no Ensino Secundário (Van Driel & Gräber, 2002);
- evitar a utilização de termos do quotidiano, por vezes, mal interpretados pelos alunos, como sejam: equilíbrio e reversível.
- evitar o recurso a diferentes termos para descrever a mesma coisa ou realidade;
- utilizar previamente testes de diagnóstico para verificar se os alunos têm ou não tais dificuldades (Hackling & Garnett, 1985);
- utilizar, de forma rigorosa, o Princípio de Le Châtelier;
- recorrer a novas tecnologias;
- recorrer a simulações computacionais (Huddle, White & Rogers, 2000).

#### **4.3. A importância da integração das simulações computacionais no Ensino do Equilíbrio Químico**

Há, como veremos nos pontos seguintes, um número importante de simulações que abordam a temática do Equilíbrio Químico. Afinal, trata-se como vimos de um conceito de

difícil compreensão, devido ao elevado grau de abstracção e ao número de factores que depende, pelo que é necessário o recurso a exemplos concretos, tais como experiências laboratoriais. Porém, continua a ser necessária a abstracção para compreender o que acontece a nível microscópico. Daí, então, o recorrente recurso às analogias e às simulações, devido à reduzida escala do nível molecular. Nas analogias, há a utilização de uma relação de semelhança entre o conceito real e uma dada situação. Na simulação, pretende representar-se um sistema ou um processo por um modelo, com o qual se trabalha, como se tratasse desse mesmo sistema ou processo, sendo que, se houver o recurso ao computador, temos as chamadas simulações computacionais. Devido aos gráficos, dinâmicos, gerados por computador, as simulações facilitam a aprendizagem de conceitos abstractos (Bragin, 1996). Além disso, colmatam o facto do equilíbrio associado a uma reacção química poder implicar velocidades demasiado rápidas ou lentas e o envolvimento de experiências perigosas ou dispendiosas, se realizadas de forma efectiva.



## Capítulo 5. Qualidade e avaliação de software educativo

### 5.1. Qualidade do software educativo

Segundo Ramos (2008), a qualidade é uma propriedade atribuída a um produto que se deve encontrar de acordo com um conjunto previamente determinado de dimensões e critérios. A escala de qualidade vai, naturalmente, da ausência de defeito ao grau mais elevado de excelência.

A discussão em torno da qualidade ou da sua ausência em softwares educativos é muito relevante, já que tal qualidade é uma peça-chave na própria qualidade da intervenção educativa. Como sabemos, generalizar o acesso à Internet significou também generalizar o acesso a diversos recursos digitais, cuja qualidade deve ser considerada. O desenvolvimento de recursos educativos digitais deve, como a própria designação faz transparecer, incluir uma forte presença de uma perspectiva educativa que se distinga pela qualidade. Entre os diversos factores que maculam muitas vezes a qualidade de um dado software, encontram-se os seguintes elementos: escasso conhecimento dos *currícula* pelo autor do software; rigor da informação disponibilizada; o reduzido investimento na concepção e no desenvolvimento de produto; fraca ligação entre a investigação educativa e o próprio desenvolvimento de produtos digitais. Considera-se que algumas das dificuldades/factores identificados podem ser esbatidas com medidas ou estratégias que visem (Ramos, 2008): apoiar os criadores; a discussão pública de projectos de criação de recursos digitais; a disseminação de exemplos de qualidade; a divulgação de critérios a utilizar para a selecção dos produtos a utilizar nas escolas; a partilha de experiências de utilização em rede; o envolvimento de professores e alunos na própria concepção de recursos.

Em Portugal, destacam-se o Projecto Minerva (1989-1994) e Programa Nónio - Século XXI (1997-2001); prémios à qualidade; concursos nacionais de software educacional; prémios monetários; apoio directo ao desenvolvimento de recursos; projecto PEDACTIONE (<http://www2.fpce.ul.pt/projectos/pedactione/>)<sup>3</sup>, foram algumas das medidas tomadas para o fomento da melhoria da qualidade de software educativo disponibilizado (Ferreira, 2000).

---

<sup>3</sup> Criada para avaliar os recursos, no quadro do próprio contexto de utilização



A nível internacional destacam-se os casos da França e do Reino Unido na avaliação da qualidade de software. O Estado francês assumiu o papel de garantir a qualidade dos recursos digitais que são disponibilizados nas escolas e que correspondem ao interesse do Sistema Educativo, atribuindo-lhes a marca RIP («Reconnu d'Intérêt Pédagogique»). Além disso, fomenta a produção e a distribuição de produtos didáticos de elevada qualidade e auxilia as escolas no acesso a tais recursos. Promove ainda o desenvolvimento de estudos sobre o impacto da marca RIP e avaliações externas. No Reino Unido, o papel do Estado é semelhante. Além de assegurar a qualidade dos recursos digitais utilizados na escola e garantir a liberdade de escolha individual e institucional, fomenta ainda a produção e a distribuição de recursos de qualidade e apoia as escolas na aquisição de tais recursos promovendo o conhecimento científico desta realidade, através da implementação de estudos de avaliação em parceria com Universidades e com Centros de Investigação (Moraes & Paiva, 2010).

## 5.2. Avaliação do software educativo

Como acontece com outros recursos educativos utilizados na sala de aula, como é o caso dos manuais escolares, aos quais o Ministério da Educação defende uma avaliação rigorosa, é de todo pertinente que tal abordagem seja alargada aos recursos digitais, mas tal não tem acontecido de forma recorrente.

Na avaliação de um software é crucial privilegiar os efeitos no processo de aprendizagem provocados pela utilização desse software num contexto específico, pelo que, a aprendizagem dos utilizadores, a pertinência dos conteúdos, as condições e os requisitos dos espaços de utilização e as próprias necessidades e satisfações dos intervenientes se revestem de particular importância.

Na opinião de Coburn (1988), a avaliação de um software pode englobar quatro áreas e deve responder às questões enunciadas:

- **conteúdo do programa:** está adequado aos alunos?,  
atende às necessidades de seu objectivo curricular?, está correcto?,  
tem relevância pedagógica?, os objectivos do programa estão claros?;
- **parte pedagógica:** qual a natureza do feedback fornecido aos alunos?, quais as hipóteses de aprendizagem e como a aprendizagem do aluno

é conduzida no software?;

- **operação do programa**<sup>4</sup>; não apresenta erros e interrupções?, como é que lida com erros do utilizador?; como usa as capacidades gráficas e sonoras?;
- **resultados dos alunos**<sup>5</sup>: qual a interacção entre o software e o aluno?; qual a facilidade do programa para o uso dos alunos?; o programa é interessante para os alunos?; os alunos gostam de utilizar o programa?; os alunos aprendem o que o programa se propõe ensinar?; quanto aprendem?;

No entanto a forma como a avaliação de um software educativo é realizada pode ser por si só ser diferente e orientar-se segundo diferentes perspectivas (Ramos, 2005):

- **avaliação de software de tipo tradicional**: com tendência para centrar o esforço de avaliação nos aspectos técnicos, critérios externos, procedendo-se, desta forma, a uma revisão positivista ou avaliação exclusivamente quantitativa de um dado produto;
- **avaliação centrada nos professores**<sup>6</sup>: nesta perspectiva, dominante nos anos 80 e 90, o professor representa o elemento decisivo nos processos de desenho, produção, selecção e avaliação do software;
- **avaliação centrada nos alunos**<sup>7</sup>: a partir da deslocação da tónica da avaliação «técnica» e da emergência de aspectos pedagógicos e curriculares, passa de facto a haver a recolha de opiniões dos alunos como aspecto a ter em conta, quer nos processos de concepção e de design, quer no próprio processo de selecção do software educativo;

---

<sup>4</sup> Esta questão permite avaliar a parte gráfica e o funcionamento do software, o qual, de facto, precisa de ter uma parte gráfica para atrair a atenção do aluno e de operar sem interrupções, para que tanto o aluno como o professor consigam trabalhar com o software;

<sup>5</sup> Com efeito, a avaliação deste aspecto também é muito importante, já que, de acordo com Ausubel (1982), existem duas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa: o aluno precisa de ter uma disposição para aprender e o conteúdo escolar a ser aprendido tem de ser potencialmente significativo, ou seja, tem de ser lógico e psicologicamente significativo.

<sup>6</sup> As actuais listas de verificação continuam a ser dominadas pelas tendências técnicas do software educativo, que difundira, um discurso optimista, a fim de entusiasmar os professores para a sua compra e posterior utilização na escola;

<sup>7</sup> Actualmente, a tendência já não é apenas a de se levar em conta as opiniões dos alunos, mas avaliar, ao longo do tempo, a sua atitude e as respectivas competências, após a utilização do software educativo em causa, a fim de se procurar determinar a eficácia da estratégia educativa usada e a produção ou não de mudanças nos alunos.

- **avaliação centrada no design**<sup>8</sup>: a avaliação centra-se na importância de se seguir criteriosamente os princípios de design, para assegurar a eficácia do produto; engloba diferentes tipos de avaliação; a avaliação formativa, nas fases de concepção e de desenvolvimento; e a avaliação sumativa, nas fases de utilização e de avaliação, com vista à fase de adopção e de certificação.

Se a avaliação, genericamente, é um processo complexo, a avaliação de um software educativo não é de menor importância e depende de diversos parâmetros e perspectivas que não poderão ser ignorados.

### **5.3. O sistema de avaliação de software educativo em Portugal (SACAUSEF)**

A existência de um sistema de avaliação de software educativo é, de facto, muito importante, havendo várias razões que o justificam. A existência de um sistema de avaliação com vista à recolha e difusão de informação relativa à qualidade do software educativo existente pode, assim, desempenhar a função de estimulador do uso desse software educativo a montante e a jusante do processo (Ramos, Teodoro, Maio, Carvalho & Ferreira, 2005). O Ministério da Educação através da implementação de um sistema de avaliação pode dar o seu contributo para a cultura de informação e de comunicação entre os diversos interesses em presença (*e.g.* produtores, distribuidores, editores, formadores, educadores, professores, pais, etc). O projecto SACAUSEF<sup>9</sup> (Sistema de Avaliação, Certificação e Apoio à Utilização de Software Educativo para a Educação e Formação) que surgiu em 2005, trata de uma iniciativa do Ministério da Educação, constituído por uma equipa nacional de professores e de outros especialistas em tecnologia educativa, que tem como principais objectivos:

- informar, ajudar e orientar as escolas e os professores na selecção e no uso de software educativo;
- identificar características do software educativo com grande potencial pedagógico;
- fornecer informação potencialmente útil para os produtores de produtos educativos;

---

<sup>8</sup> Nesta avaliação, pode haver o recurso, por exemplo, a estudos de usabilidade, de que falaremos adiante, recolha de opiniões formais e informais, entre outras hipóteses.

<sup>9</sup> <http://www.crie.min-edu.pt/index.php?section=92>

- contribuir para uma base de conhecimento científico e pedagógico, disponível à comunidade científica;
- fomentar a emergência de práticas pedagógicas inovadoras na escola e estimular a própria reflexão e investigação sobre o uso de software educativo nas escolas (Ramos, 2004).

No projecto SACAUSEF há duas grandes fases de avaliação: a análise de software ou avaliação descritiva, que implica uma investigação ou exame preliminar a um produto, a fim de recolher informação sobre esse mesmo produto a possíveis utilizadores (com identificação de erros, omissões e riscos e com antecipação de potencialidades pedagógicas, científicas ou outras), havendo, nesta fase, o recurso a grelhas de avaliação; avaliação em contexto educativo, que implica a preparação, realização e avaliação do trabalho educativo desenvolvido, em torno das propostas educativas apresentadas no software.

Apesar de existir um sistema de avaliação de software e um dos seus objectivos ser a divulgação a nível das escolas dos resultados encontrados, tal objectivo não parece ter ainda sido atingido ou posto em prática.



## **Parte II. Enquadramento teórico- metodológico: a investigação, o tratamento e a análise dos dados**



## Capítulo 6. Problema em estudo e metodologia de investigação

### 6.1. Objectivo e funções do estudo de avaliação

Antes de enunciarmos o objectivo principal deste nosso trabalho importa tecer algumas considerações. Após a devida pesquisa bibliográfica e definição dos principais elementos da investigação empírica a ser levada a cabo, houve necessidade de realizá-la nas suas diversas fases. Porém, e como já advogado por Carmo e Ferreira (1998), tínhamos de ter em consideração: a informação disponível e tempo disponível. Ora, a este propósito, temos de destacar, com efeito, o pouco tempo de que dispusemos para a realização deste relatório final, em geral, e, em particular, para a realização da parte empírica do mesmo, tendo este factor pesado muito nas escolhas a nível metodológico.

Este trabalho teve como principal objectivo conhecer a opinião/ avaliação feita à simulação Le Châtelier's Principle pelos seus utilizadores (professores e alunos). Esta avaliação foi feita apenas em função de determinados tópicos de análise, previamente definidos, com base não só na literatura da especialidade como também na percepção pessoal.

Assim este estudo teve como função averiguar a função pedagógica da simulação Le Châtelier's Principle.<sup>10</sup>

### 6.2. Simulações computacionais disponíveis

Sendo o objectivo deste trabalho a análise e a avaliação de uma simulação computacional sobre Equilíbrio Químico e o averiguar da sua função pedagógica, foi necessário escolher de entre as simulações disponíveis online aquela que seria objecto de estudo.

*Online* existem disponíveis para utilização diversas simulações para o ensino do Equilíbrio Químico que segundo Fonseca (2006) se podem dividir em três tipos de conteúdos:

- i) sobre a evolução do equilíbrio ao longo do tempo de reacção, fornecendo os dados numéricos referentes à variação da concentração das espécies reagentes e ao deslocamento do sistema, por meio de representações variadas;

---

<sup>10</sup> [http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang\\_2e/lechateliers\\_principal.swf](http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_2e/lechateliers_principal.swf)



- ii) representação microscópica do sistema, estabelecendo uma analogia entre as moléculas e pequenos pontos ou círculos coloridos;
- iii) simulação macroscópica da evolução do sistema, representada através de reactores, deslocações de êmbolos, variações de cor, etc.

Porém, há simulações que dada a sua complexidade apresentam, em simultâneo, os vários tipos de conteúdo.

Entre as simulações do primeiro grupo, encontramos disponíveis online, por exemplo, as seguintes:

- <http://links.math.rpi.edu/applets/appindex/chemequilib.html>, da autoria do Rensselaer Polytechnic Institute (1998), que aponta o sentido de deslocamento do equilíbrio em função das quantidades relativas de reagentes e produtos seleccionadas;<sup>11</sup>
- numa outra simulação, da autoria de Blauch (1998), disponível em <http://www.chm.davidson.edu/java/LeChatelier/LeChatelier.html>, são apresentados os dados quantitativos por meio de gráficos de barras, em função das condições escolhidas previamente;<sup>12</sup>
- «The Irydium Project», da Carnegie Mellon University (2003), disponível em <http://ir.chem.cmu.edu/irproject/applets/equilib/Applet.asp>, é dada a possibilidade de escolher entre diversas reacções, comparando as proporções relativas de acordo com a estequiometria.

Entre as simulações com representação microscópica do sistema (segundo grupo), surgem, designadamente:

- <http://mc2.cchem.berkeley.edu/java/equilibrium/index.html>, da autoria da MultiCHEM Facility (1998), em que as espécies reagentes são representadas por pequenos círculos, de cor diferente para os produtos e reagentes, sendo possível verificar o efeito da temperatura sobre a agitação das partículas;

---

<sup>11</sup> Esta simulação apresenta como ponto positivo, auxiliar, por exemplo, na compreensão de como os coeficientes estequiométricos podem influenciar as quantidades de equilíbrio e o sentido do deslocamento. Como ponto negativo apresenta o facto de, não acompanhar a indicação da evolução qualitativa do sistema com a indicação do valor da constante de equilíbrio.

<sup>12</sup> Nesta simulação, ainda que o tratamento quantitativo seja apresentado de forma prática, o aspecto gráfico e a distribuição dos elementos poderiam ser trabalhados de forma a permitir uma compreensão visual mais intuitiva do estado de equilíbrio e da sua relação com as condições iniciais definidas.

- em <http://www.chm.davidson.edu/ronutt/che115/EquKin/EquKin.htm>, temos uma outra simulação, da autoria de Blauch (1999-2005), em que é possível observar a representação gráfica da composição do sistema ao longo do tempo;

- em <http://www.chem.uci.edu/undergrad/applets/sim/simulation.htm>, (Grayce (s/d)), a formação de produtos e reagentes é salientada pelo aumento dos círculos no momento da colisão, sendo também possível observar um gráfico da evolução do sistema, não sendo, no entanto, possível proceder a alterações de temperatura; porém, é dada a possibilidade de variar directamente a constante de velocidade das reacções directa e inversa;

- em <http://www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/animations/no2n2o4equilV8.html>, de Greenbowe (2002), não é fornecida informação quantitativa, mas sim qualitativa, à medida que o utilizador vai progredindo na simulação; a interactividade é muito baixa, uma vez que não é permitido fazer opções, sendo apenas possível avançar na simulação, ao ritmo desejado, de acordo com um botão de «play».

- em <http://www.jce.divched.org/JCEDLib/WebWare/collection/reviewed/WW011/jceSubscriber/equilibrium.html>, disponível apenas para subscritores do «Journal of Chemical Education», é permitido estabelecer comparações a nível molecular, antes e depois de atingido o equilíbrio. Apesar do elemento de presença central na simulação ser a representação microscópica, esta representação neste caso é usada como um meio para retirar conclusões a nível quantitativo sobre o equilíbrio. Assim, esta permite verificar o resultado da combinação de variadas quantidades relativas de reagentes a diferentes temperaturas. Ao contrário de qualquer um dos recursos já focados, esta simulação dispõe ainda de um amplo leque de recursos educativos complementares.

Entre as simulações com simulação macroscópica (terceiro grupo), podemos destacar:

- <http://gbs.glenbrook.k12.il.us/Academics/gbssci/chem/chem163/projects/factory/factory.htm>, da autoria de Sprandel (2001), que ilustra um reactor em que é possível controlar as quantidades de reagentes, a pressão e a temperatura, permitindo verificar o efeito que estes factores desempenham na produção de amoníaco. Esta simulação permite que os alunos associem o controlo das variáveis que influenciam o Equilíbrio Químico à importância para a produção industrial do amoníaco;

- uma outra (Blauch (2000),) disponível em <http://www.chm.davidson.edu/ChemistryApplets/equilibria/BasicConcepts.html>,

compreende simulações alusivas a diversas experiências, vendo-se o movimento de êmbolos, as variações de pressão, as alterações de cor, entre outros aspectos;

- a simulação computacional «Le Chat II», da autoria de Paiva, Gil e Correia (1998), disponível através de download, em [http://nautilus.fis.uc.pt/wwwqui/equilibrio/port/eqq\\_lechat2.html](http://nautilus.fis.uc.pt/wwwqui/equilibrio/port/eqq_lechat2.html) é destacado o facto das variações provocadas no sistema reaccional poderem ser originadas pela variação de temperatura, de pressão e de concentração, que, poderão ser visualizadas nas respectivas animações individuais, também disponíveis na mesma página da Internet. Este recurso dá conta do movimento microscópico até ao equilíbrio, para reacções em fase gasosa, bem como das próprias alterações produzidas no estado de equilíbrio para uma dada perturbação de concentração, pressão parcial, temperatura ou volume. Permite também uma grande interactividade e diversidade de opções. Por outro lado, é ainda possível visualizar uma sequência de representações gráficas e comparar os resultados em função das condições definidas.

Por último, apresentamos em detalhe a simulação escolhida para realizar este estudo que é da autoria de Chang (2000) ([http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang\\_2e/lechateliers\\_principal.swf](http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_2e/lechateliers_principal.swf)), que se enquadra no segundo e terceiro grupos e incide sobre o Princípio de Le Châtelier enunciando-o logo no início da mesma. É dado ao utilizador a possibilidade de escolher o factor que se quer ver influenciar o Equilíbrio Químico: a concentração, a temperatura e/ou a pressão. Depois de fazer a escolha, o utilizador pode observar de que forma um destes factores influencia o sistema reaccional. Em cada uma das opções, há uma representação gráfica da quantidade de reagentes e de produtos da reacção em estudo, podendo ser observada a diminuição ou o aumento destas mesmas quantidades, quando se faz variar qualquer uma das variáveis pressão, concentração ou temperatura, separadamente. Visualiza-se ainda a equação da reacção química em estudo assim como as representações microscópica e macroscópica da mesma. Uma das potencialidades desta simulação assenta na possibilidade de permitir acompanhar o que acontece, em termos microscópicos, quando o equilíbrio químico é perturbado, em concomitância com a ocorrência macroscópica de mudança de cor, devido ao facto de os sistemas simulados envolverem mudança de cor no decurso da reacção química. No entanto o facto das partículas representadas nesta simulação serem coloridas poderá

reforçar a ideia nos alunos de que as moléculas têm cor e assim desenvolver ou reforçar esta concepção alternativa.

### **6.3. Metodologia de investigação**

Este estudo apresenta uma natureza descritiva, porque visou descrever a forma como a simulação em estudo foi utilizada por professores e alunos, potenciais usuários da simulação seleccionada. Uma investigação descritiva implica, de acordo com a literatura da especialidade, a recolha de dados para responder a questões que lhe digam respeito, efectuando-se tal recolha, privilegiadamente, através da administração de questionários, realização de entrevistas ou observação da situação real (Carmo e Ferreira, 1998).

No presente estudo, e devido ao período em que o mesmo foi realizado, privilegiou-se a administração de questionário, aplicado quer a professores quer a alunos, estando sempre o enfoque colocado na simulação computacional em análise, já que desde o início estivemos sempre conscientes que os resultados obtidos dizem tão-só respeito ao caso em estudo, não havendo, por isso, qualquer pretensão de generalizações.

Com base nas opiniões recolhidas e na literatura, procurou-se, apresentar um roteiro de exploração em contexto sala de aula, (Anexo 5). Este poderá ser utilizado depois de serem introduzidos/discutidos os factores que influenciam o equilíbrio químico, pois são considerados, como pré-requisitos: a definição do princípio de “Le Châtelier”, reacções endoenergéticas e exoenergéticas e o equilíbrio químico. Tendo como objectivo ultrapassar algumas das dificuldades identificadas no ensino do equilíbrio químico e dos factores que o afectam, por exemplo, quando se faz variar a temperatura num sistema, a sua evolução pode ser prevista sem saber se a reacção é endoenergéticas e exoenergéticas.

Devido à inexistência de qualquer pretensão de generalizar os resultados obtidos, não houve uma escolha aleatória da amostra. Por este motivo os resultados obtidos não poderão, naturalmente, ser generalizados à população à qual o referido grupo pertence, ainda que as informações recolhidas continuem a ser relevantes (Carmo e Ferreira, 1998). Por razões de ordem logística os participantes que intervieram na pesquisa constituíram uma amostragem por conveniência constituída por: professores e alunos da escola onde se desenvolveu e aplicou a simulação.

Depois de devidamente informados oralmente sobre os objectivos e a forma como a investigação se desenrolaria, todos os participantes, professores e alunos, deram o consentimento em termos da respectiva participação e tratamento de dados salvaguardando-se a identidade dos respondentes. A amostragem em estudo foi constituída por: professores do ensino secundário do 4º Grupo A (510), com experiência profissional entre os 0 e 35 anos, com idades compreendidas entre os 23 e os 60 anos, de duas Escolas Secundárias do distrito de Aveiro e alunos, do 11.º ano de escolaridade de cinco turmas de uma das Escolas Secundárias do distrito de Aveiro.

Nas tabelas 1 e 2 apresentam-se o número de questionários entregues nos estabelecimentos de ensino, bem como o número de respostas obtidas.

**Tabela 1** Número de questionários dirigidos aos alunos do Ensino Secundário no estabelecimento de ensino em estudo e respectivo número de respostas obtidas.

<b>Nº. de questionários entregues a alunos</b>	<b>Nº. de questionários preenchidos</b>	<b>Percentagem de questionários preenchidos relativamente à amostra (%)</b>
116	12	10,3

**Tabela 2** Número de questionários dirigidos a professores do Ensino Secundário entregues nos dois estabelecimentos de ensino e respectivo número de respostas obtidas.

<b>Nº. de questionários entregues a professores</b>	<b>Nº. de questionários preenchidos</b>	<b>Percentagem de questionários preenchidos relativamente à amostra (%)</b>
11	7	63,6

Um questionário é, como sabemos, um instrumento de investigação que visa recolher informações, baseando-se, sobretudo, na inquisição de dados de um grupo da população em estudo, através da colocação de uma série de questões que abranja um tema de interesse para os investigadores em causa. A escolha do questionário como instrumento de investigação, deve-se, naturalmente, às vantagens associadas à sua utilização: permite uma significativa recolha de dados num curto intervalo de tempo; possibilita uma maior sistematização dos resultados fornecidos; permite uma maior facilidade de análise de dados; possibilita a redução do tempo para recolher e analisar um conjunto de dados e custo reduzido. Porém, também nunca ignorámos os seus limites e/ou desvantagens. A

difficuldade que apresenta a nível da concepção de um questionário, não é displicente, pois é necessário ter em conta, designadamente, aspectos como a quem se vai aplicar, o tipo de questões a incluir, o tipo de respostas que se pretende e o tema abordado. Assim não é aplicável a toda a população e tem uma elevada taxa de não respostas (Carmo e Ferreira, 1998).

A construção de um questionário é, de facto, uma actividade complexa e morosa, que exige a tomada em consideração de determinados aspectos. Em relação à linguagem usada procurámos utilizar uma que fosse acessível aos destinatários e que se distinguisse também pelo carácter preciso. O próprio sistema de perguntas também foi criteriosamente pensado, a fim de ter em conta não só a coerência intrínseca como também a lógica para o respondente. Estávamos conscientes da complexidade do próprio processo de formulação das perguntas, as quais devem obedecer aos seguintes princípios (Rojas, s/d):

- i) princípios da clareza – as questões devem ser claras, concisas e unívocas;
- ii) princípio da coerência – as questões devem corresponder à intenção da própria pergunta;
- iii) princípio da neutralidade – as questões não devem induzir uma dada resposta; devem libertar o inquirido do referencial de juízos de valor ou do preconceito do próprio autor.

Como pretendíamos não só avaliar a simulação em termos de parâmetros concretos como também recolher opiniões «abertas» dos inquiridos, que só poderiam surgir se lhes dessemos liberdade, optámos por formular quer perguntas fechadas quer perguntas abertas. Mais concretamente, o questionário proposto é composto quer por afirmações – nas quais o inquirido apenas selecciona a opção (de entre as apresentadas) que mais se adequa à sua opinião e duas questões abertas, sobre as quais os inquiridos terão de se pronunciar permitindo-lhe construir a resposta com as suas próprias palavras, *i.e.*, dando deste modo, liberdade de expressão. Os questionários dos professores e dos alunos encontram-se nos Anexos 1 e 4, respectivamente. Trata-se, assim, de um questionário misto, no qual entre as principais vantagens nas perguntas fechadas encontram-se, a rapidez e facilidade de resposta; maior uniformidade, rapidez e simplificação na análise das respostas; facilidade de categorização das respostas para posterior análise; melhor contextualização da questão. No entanto há algumas desvantagens, como sejam: a dificuldade em elaborar as respostas possíveis a uma determinada questão; não estimular a originalidade e a variedade de

resposta; não prezar uma elevada concentração do inquirido sobre o assunto em questão; o inquirido pode optar por uma resposta que se aproxima mais da sua opinião, não sendo esta uma representação fiel da realidade. Já nas questões abertas, temos, como vantagens o facto destas prezarem o pensamento livre e a originalidade, de surgirem respostas mais variadas, mais representativas e fiéis da opinião do inquirido. Deste modo o inquirido pode concentrar-se mais sobre a questão, ser mais vantajoso para o investigador, pois permite-lhe recolher informação variada sobre o tema em questão. Contudo tem como principais desvantagens o facto de dificultar a organização e categorização das respostas; exigir mais tempo para responder às questões; possibilitar caligrafia do inquirido ilegível e, por último, em caso de baixo nível de instrução dos inquiridos, as respostas poderem não representar a sua opinião real.

As afirmações são geralmente classificadas com base numa escala de Likert (escala de opiniões). Com as perguntas abertas, pretendeu-se proporcionar o aparecimento de determinadas apreciações e hipóteses não inicialmente consideradas e susceptíveis de contribuir para a melhoria da utilização da simulação em estudo. O número de questões do questionário, foi, naturalmente, limitado, sob pena de haver um grande número de perguntas não respondidas. Preferimos, portanto, colocar um conjunto de perguntas simples e utilizar o número de questões considerado suficiente para a recolha da informação em causa (Fonseca, 2006). No que se refere à distribuição dos questionários, razões de ordem logística impediram que esta distribuição fosse feita através de email, o que teria permitido, por exemplo, uma participação simples e rápida por parte dos inquiridos, que responderiam no momento mais adequado, pois não há ainda uma cultura de participação cívica.

## Capítulo 7. Apresentação e análise de resultados

### 7.1. Apresentação e análise de conteúdo

Os dados recolhidos através dos questionários foram analisados de acordo com categorias previamente definidas, com base em concepções teóricas a respeito desta problemática presentes na literatura da especialidade. Entre as concepções teóricas encontradas, consideramos que importará explicitar, em particular, o conceito de usabilidade, devido, precisamente, à sua especificidade. A usabilidade consiste «[n]uma qualidade que deve ser inerente ao documento e que possibilita que os utilizadores o usem com satisfação, eficácia e eficiência na realização de tarefas» (Babo, 1996, citado em Carvalho, 2002b). De facto, mesmo que um software esteja bem construído a nível de funcionalidade, a verdade é que será rejeitado pelo utilizador, se não evidenciar uma boa usabilidade. A interface de um sistema é, então, o meio através do qual se estabelece o diálogo entre o programa e o ser humano. Há problemas de usabilidade quando um dado utilizador encontra dificuldades para realizar uma dada tarefa com uma interface. Estas dificuldades podem ter origens variadas e ocasionar perda de dados, diminuição da produtividade e, inclusive, a rejeição total do software por parte do utilizador. Nielsen, 1993;1995 (citado em Carvalho, 2002b), por sua vez, enuncia os parâmetros, comumente aceites, para medir a usabilidade de um documento multimédia: i) a facilidade de aprendizagem da utilização do recurso, visível quando o utilizador consegue interagir rapidamente com o recurso, aprendendo as opções de navegação e a própria funcionalidade dos botões; ii) a eficiência já que, depois de se saber como funciona, consegue localizar rapidamente a informação necessária; iii) facilidade de recordar o seu funcionamento; iv) o facto de os utilizadores não cometerem muitos erros durante a utilização do sistema ou, se os cometerem, devem conseguir recuperar e v) agradável de usar. Para Smith e Mayes (1996) (Carvalho, 2002b), ainda em termos da avaliação da usabilidade de um documento interactivo, um documento multimédia, para que seja facilmente aceite pelo utilizador, deve ser fácil de aprender a usar e utilizar e deve provocar satisfação no utilizador. Trata-se, enfim, e nas próprias palavras de Carvalho (2002b), de: i) facilidade em aprender, ii) facilidade em utilizar – ou seja, depois de o utilizador ter aprendido a interagir com o documento, conseguir usá-lo com facilidade, mesmo quando utiliza raramente o documento, sendo também importantes a orientação do utilizador no documento e as



próprias ajudas dadas pelo mesmo neste sentido -, iii) satisfação do utilizador, isto é, este gosta de navegar no documento, devido à interface, ao conteúdo disponível, à estrutura do documento, ao processo de interacção e à navegação em si mesma.

O «Guião de apoio à avaliação de produtos multimédia»<sup>13</sup>, produzido no âmbito do projecto «Sistema de Avaliação, Certificação e Apoio à Utilização de Software na Educação e Formação», também foi extremamente importante para a definição das categorias em análise. Assim este guião define como parâmetros a avaliar:

i) **domínio pedagógico**: relevância para o desenvolvimento de competências essenciais (gerais e específicas); possibilidade de articulação/integração curricular; respeito pelos ritmos de aprendizagem; perspectiva pedagógica;

ii) **domínio linguístico**: adequação da linguagem ao público-destinatário; correcção linguística; clareza da linguagem; uso de linguagem explicitamente inclusiva do feminino e do masculino;

iii) **domínio científico**: rigor científico; adequação dos conteúdos ao público-destinatário; pertinência dos conteúdos;

iv) **domínio técnico**: instalação do programa; compatibilidade com outro software; design; interface; navegação; funcionalidades disponíveis (pesquisa, impressão de documentos, exportação de informação, entre outras possibilidades); ajuda ao/à utilizador/a;

v) **domínio dos valores e atitudes**: inexistência de preconceitos ou de estereótipos; promoção da igualdade de género; ausência de conteúdos que apelem para a violência; promoção de atitudes positivas perante a natureza e o ambiente.

Na tabela 3 apresentam-se os parâmetros sobre os quais a análise realizada incidiu. São eles os domínios pedagógico, do conteúdo, técnico e, ainda, o da apreciação global do próprio recurso por parte de professores e alunos.

---

<sup>13</sup>[http://www.crie.min-edu.pt/files/@crie/1220024785\\_13\\_SACAUSEF\\_III\\_115a124.pdf](http://www.crie.min-edu.pt/files/@crie/1220024785_13_SACAUSEF_III_115a124.pdf)

**Tabela 3** Domínios e tópicos de análise – questionário aplicado aos professores e alunos.

Domínios	Tópicos de análise
<b>Domínio pedagógico</b>	Estratégias de aprendizagem e de exploração da informação
<b>Domínio do conteúdo</b>	Caracterização do conteúdo científico Nível de complexidade do conteúdo científico
<b>Domínio técnico</b>	Usabilidade: facilidade de utilização e fiabilidade
<b>Domínio da apreciação global</b>	Avaliação global enquanto ferramenta de aprendizagem (aspectos positivos e negativos)

Nas tabelas 4-7 seguintes encontram-se apresentados explicitamente os critérios, tópicos de análise e os indicadores associados a cada domínio na análise dos questionários dos alunos e professores.

**Tabela 4** Domínio pedagógico: tópicos de análise, critérios e indicadores.

Domínio pedagógico			
Grupo	Tópicos de análise	Crítérios	Indicadores
<b>Professor e aluno</b>	<b>Objectivos de aprendizagem</b>	Cumprimento dos objectivos de aprendizagem pré-definidos	O recurso permite atingir os objectivos de aprendizagem pré-definidos
	<b>Estratégias de aprendizagem e de exploração da informação</b>	Existência de interactividade	A intervenção do aluno é solicitada com frequência na exploração do recurso, por exemplo, pela manipulação de objectos existentes em cada tela.
<b>Professor</b>		Aplicabilidade em sala de aula	O recurso é apontado como susceptível de ser efectivamente utilizado em sala de aula.

**Tabela 5** Domínio do conteúdo: tópicos de análise, critérios e indicadores.

<b>Domínio do conteúdo</b>			
<b>Grupo</b>	<b>Tópicos de análise</b>	<b>CrITÉrios</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Professor e aluno</b>	<b>Caracterização do conteúdo científico</b>	Apresenta exactidão científica	O conteúdo do recurso apresenta exactidão científica
		É actual	O seu grau de actualização é adequado
<b>Professor</b>	<b>Nível de complexidade do conteúdo científico</b>	Adequação do nível de complexidade do conteúdo	O nível de complexidade do conteúdo e as actividades propostas são adequadas ao utilizador.

**Tabela 6** Domínio técnico: tópicos de análise, critérios e indicadores.

<b>Domínio técnico</b>			
<b>Grupo</b>	<b>Tópicos de análise</b>	<b>CrITÉrios</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Professor e aluno</b>	<b>Usabilidade - facilidade de utilização</b>	Fácil aprendizagem da utilização do recurso	A utilização do recurso é fácil de manusear numa primeira abordagem
		Facilidade de utilização	O recurso é fácil de usar
	<b>Usabilidade – fiabilidade</b>	Está isenta de erros de execução	O recurso está isento de erros de execução
<b>Aluno</b>	<b>Design e aspecto gráfico</b>	Possui uma interface fácil, apresenta simplicidade nas funções mais relevantes e apresenta um aspecto geral apelativo	A interface é de fácil compreensão, reduzindo ao essencial as funções necessárias ao desenvolvimento das tarefas, e tem aspecto geral apelativo, facilitando a comunicação.
	<b>Idioma</b>	A utilização do inglês não impede a utilização e a comunicação	O uso do inglês não impede a utilização e a comunicação.

**Tabela 7** Domínio da apreciação global: tópicos de análise, critérios e indicadores.

<b>Domínio da apreciação global</b>		
<b>Tópicos de análise</b>	<b>CrITÉRIOS</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Avaliação global</b>	Aspectos pedagógicos diversos	Aspectos positivos e negativos destacados
	Aspectos de conteúdo diversos	Aspectos positivos e negativos destacados
	Aspectos técnicos diversos	Aspectos positivos e negativos destacados
	Outros aspectos	Aspectos positivos e negativos destacados

## **7.2 Apresentação e análise dos resultados obtidos da aplicação de um questionário a professores**

A fim de materializar a própria análise das escalas preenchidas pelos professores inquiridos, será apresentado uma representação gráfica dos respectivos resultados, de acordo com os diferentes domínios e tópicos de análise. Note-se que, dos questionários distribuídos aos professores, apenas foram devolvidos sete questionários, que constituíram, assim, o objecto de tratamento e de análise.

### **Domínio pedagógico**

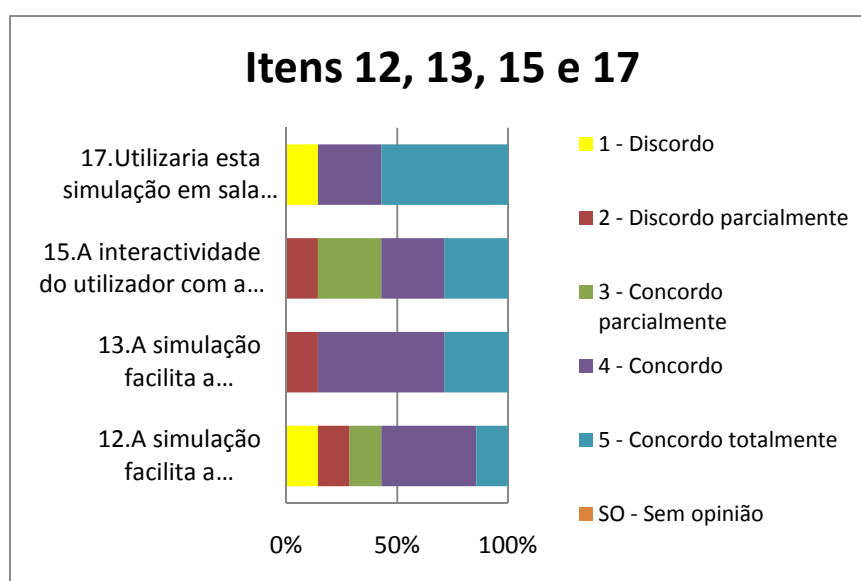
#### **Estratégias de aprendizagem, de exploração da informação e objectivos de aprendizagem**

Para averiguar o que os inquiridos pensam das estratégias de aprendizagem, de exploração da informação e objectivos de aprendizagem foram formuladas as afirmações 12, 13, 15 e 17.

No que se refere à existência ou não de interactividade (item 15 - «A interactividade do utilizador com a simulação é boa»), destacou-se 58% dos inquiridos que concordaram genericamente com a afirmação enquanto 28% «concordam parcialmente». Em termos da intenção de aplicabilidade do recurso em sala de aula (item 17 - «Utilizaria esta simulação em sala de aula para o estudo dos factores que podem alterar o estado do

equilíbrio químico numa mistura reaccional»), 86% dos inquiridos manifestaram estar de acordo com a afirmação estabelecida, contudo 14% respondeu que discordava com a afirmação pelo que não utilizaria esta simulação em contexto educativo. Em termos da facilidade de aprendizagem (item 12 - «A simulação facilita a aprendizagem do Princípio de Le Châtelier»), as opiniões dividem-se 58% dos inquiridos revelaram concordar com esta afirmação apesar de o grau de concordância com maior percentagem ser o grau 4. Contudo 28% entendeu que a simulação não facilita a aprendizagem do princípio de Le Châtelier. O item 13, «A simulação facilita a aprendizagem dos factores que podem alterar o estado do equilíbrio químico numa mistura reaccional», também aqui os inquiridos manifestaram a sua concordância de forma mais uniforme, sendo que 86% destes concordaram com a afirmação enquanto que apenas 14% refere discordar que a simulação facilita a aprendizagem dos factores que podem alterar o estado de equilíbrio (Gráfico1).

**Gráfico 1** Respostas dadas aos itens 12,13, 15 e 17 do questionário dos professores no domínio pedagógico.



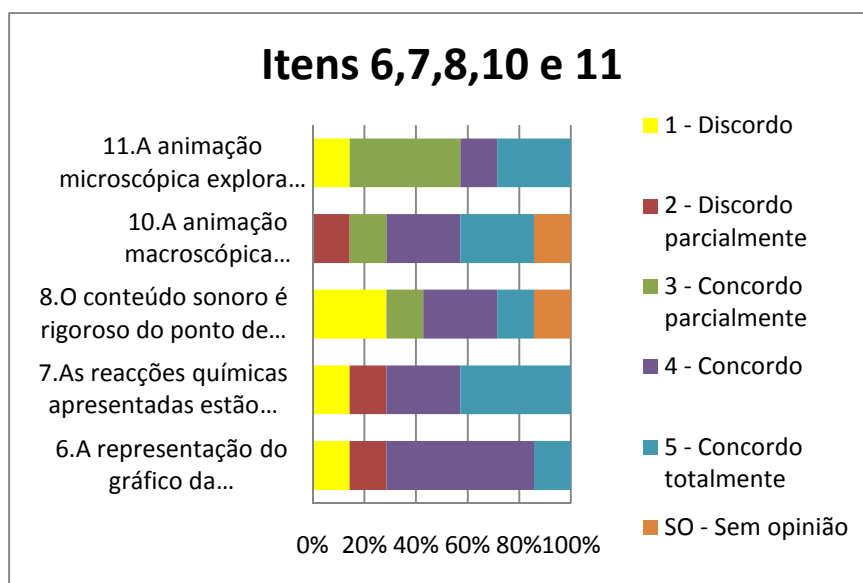
## **Domínio do conteúdo**

### **Caracterização do conteúdo científico**

Para averiguar o que os professores inquiridos pensam da caracterização do conteúdo científico foram elaboradas as afirmações 6, 7, 8, 10 e 11. No item 6, a afirmação «A representação do gráfico da concentração do reagente e do produto é correcta cientificamente», obteve 72% de respostas nos graus de concordância, enquanto que 28%

dos professores inquiridos discordaram dela. Relativamente ao facto de «As reacções químicas apresentadas estão correctas cientificamente» (item 7), apesar de 28% dos inquiridos discordar da afirmação, 72% concordaram ou concordaram totalmente com o facto das reacções químicas apresentadas estarem correctas cientificamente (43%). Quando inquiridos sobre se «O Conteúdo sonoro é rigoroso do ponto de vista científico», aqui as opiniões dos inquiridos dividiram-se nas várias categorias de resposta. Contudo, estiveram de acordo com a afirmação a maioria dos inquiridos (57%), verificando-se que existiram inquiridos sem opinião (14%) e que discordavam (28%) da afirmação. No que diz respeito ao item 10, «A animação macroscópica representa bem a realidade», novamente a maioria dos inquiridos concordaram com a afirmação (72%) contra 14% que discordaram e 14% que disseram não ter qualquer opinião sobre este tópico. Por último no item 11 «A animação microscópica explora correctamente a nível molecular as reacções», 86% dos inquiridos mostraram o seu acordo apesar de metade o fazer de forma parcial e 14% discordarem da exploração a nível da animação microscópica (Gráfico2).

**Gráfico 2** Respostas dadas aos itens 6,7,8,10 e 11 do questionário dos professores no domínio do conteúdo.

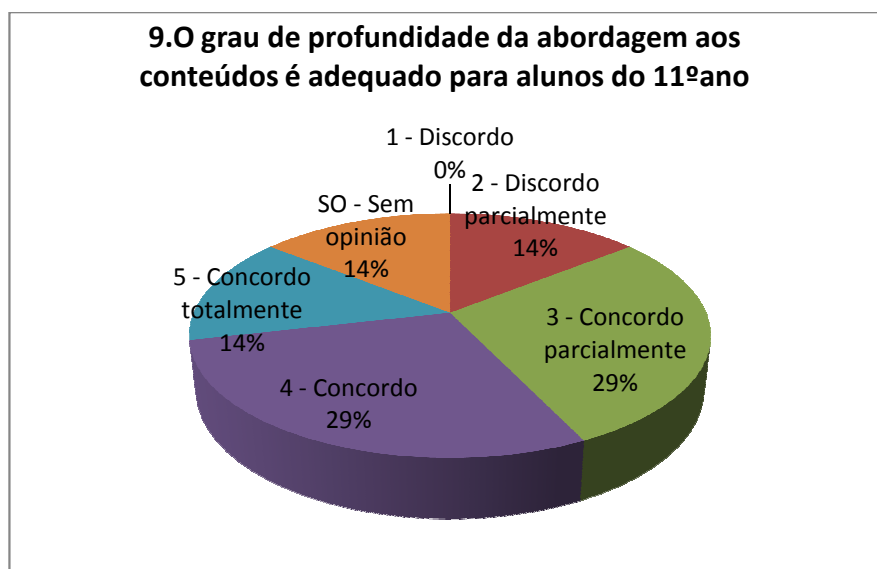


### Nível de complexidade do conteúdo científico

No plano do nível de complexidade do conteúdo científico que consta do recurso em avaliação testado com a afirmação «O grau de profundidade da abordagem aos

conteúdos é adequado para alunos do 11ºano do curso Científico – Humanístico de Ciência e Tecnologia» (item 9), as opiniões divergiram, e 43% manifestou a sua concordância relativamente ao grau de profundidade da abordagem aos conteúdos do 11º ano do curso Científico – Humanístico de Ciência e Tecnologia, enquanto que 29% dos inquiridos apenas concordou parcialmente e 14% manifestaram a sua discordância parcial com a afirmação. Existe ainda um professor inquirido que diz não ter opinião sobre este item (Gráfico3).

**Gráfico 3** Respostas dadas ao item 9 do questionário dos professores no domínio do conteúdo.



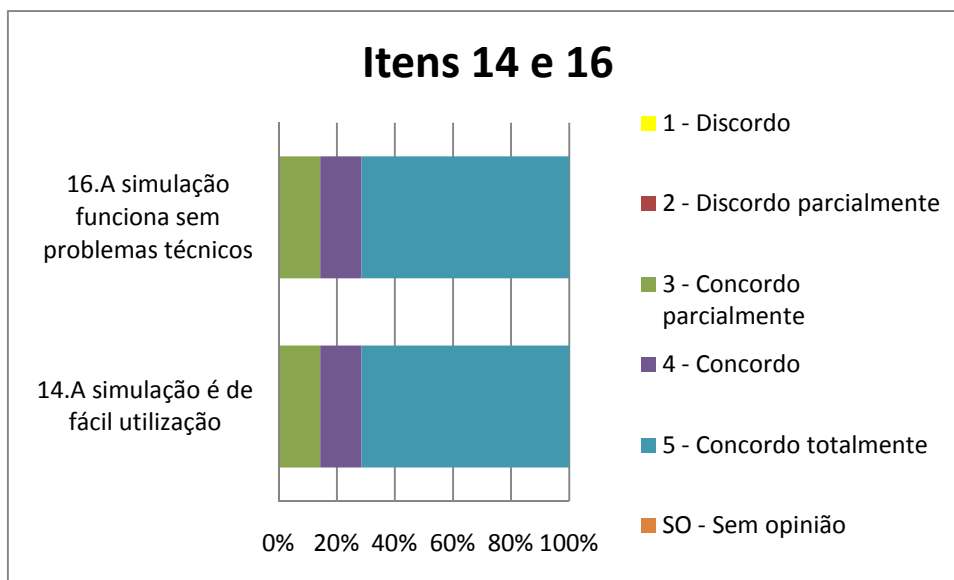
### **Domínio técnico**

#### **Usabilidade – facilidade de utilização e fiabilidade**

Em relação à usabilidade para averiguarmos o que os inquiridos pensam sobre a facilidade e da fiabilidade de utilização, foram elaborados os itens 14 e 16, respectivamente.

Sobre se «A simulação é de fácil utilização» (item 14) e «A simulação funciona sem problemas técnicos» (item 16), as respostas foram análogas nestes dois itens (Gráfico 4). O grau de concordância total recolheu a maior percentagem de respostas: 72%, não havendo ninguém que manifestasse o seu desagrado face à facilidade e fiabilidade de utilização da simulação.

**Gráfico 4** Respostas dadas aos itens 14 e 16 do questionário dos professores no domínio técnico.



### **Domínio da apreciação global**

Para indagar que aspectos positivos e negativos da simulação computacional são destacados pelos professores inquiridos foram elaboradas duas questões abertas (itens 18 e 19). Os professores inquiridos apreciaram globalmente o software em análise e destacam os seguintes aspectos positivos:

- a rapidez da simulação, permitindo ganhar tempo na leccionação e respectiva aprendizagem dos conteúdos;
- a capacidade de tornar os conteúdos mais motivadores para os alunos;
- a boa visibilidade;
- a facilitação da aprendizagem, em particular, do Princípio de Le Châtelier;
- a interactividade, fomentando um maior interesse pela ciência por parte dos alunos;
- o carácter atractivo da representação gráfica e da representação microscópica;
- a escrita das equações e a própria explicação dos vários conceitos abordados.



No que se refere aos pontos negativos encontrados pelos professores inquiridos, estes destacam:

- a linguagem utilizada ser em língua inglesa;
- o facto de não se observar bem o impacto da variação da temperatura na animação macroscópica;
- a aplicação do Princípio de Le Châtelier apenas a cada reacção química e o facto de não o generalizar;
- o facto de não mostrar os gráficos das concentrações em função do tempo;
- as equações aparecem escritas com uma seta simples no sentido inverso, sendo que deveriam aparecer duas setas, pois estamos na presença de reacções em equilíbrio químico.

### **7.3. Apresentação e análise dos resultados obtidos da aplicação de um questionário a alunos**

Um tratamento análogo ao realizado com os questionários dos professores foi realizado como os questionários aplicados aos alunos, sendo estes sujeitos aos mesmos critérios de análise (Tabela 3 a 7).

#### **Domínio pedagógico**

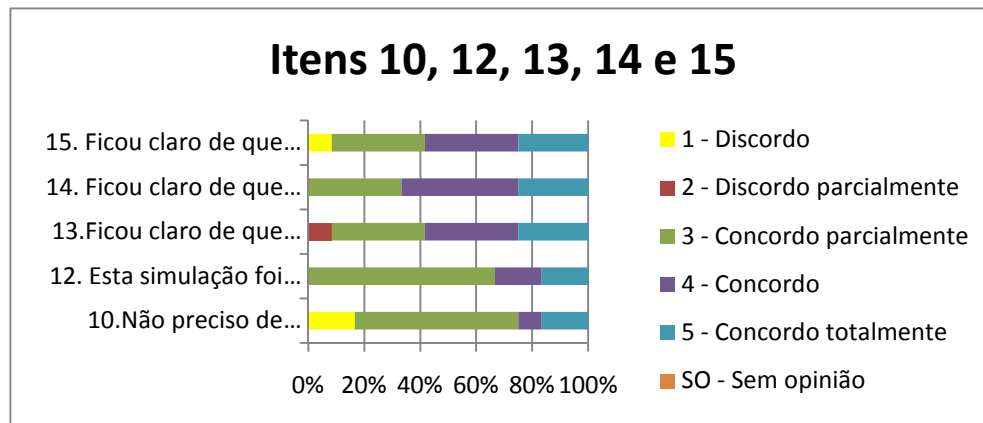
Para averiguar o que os alunos pensam sobre os objectivos da aprendizagem foram elaboradas as afirmações 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21 e 23.

No domínio pedagógico, e, em relação ao tópico de análise referente aos objectivos da aprendizagem, os resultados obtidos são os seguintes. No item 10, « Não é preciso ouvir a explicação dada para compreender a simulação», 83% dos alunos concordou com esta afirmação, dos quais 55% concordou com ela de forma parcial, enquanto que 17% discordaram (Gráfico 5). No que respeita à afirmação «Esta simulação foi útil para compreender o Princípio de Le Châtelier» (item 12), 100% dos alunos concorda com a afirmação em causa, apesar de 67% concordar apenas parcialmente. No item 13, no qual é inquirido «Ficou claro de que forma a temperatura afecta o estado de equilíbrio de uma reacção endotérmica ou exoenergética», registou-se uma percentagem de 92% de respostas

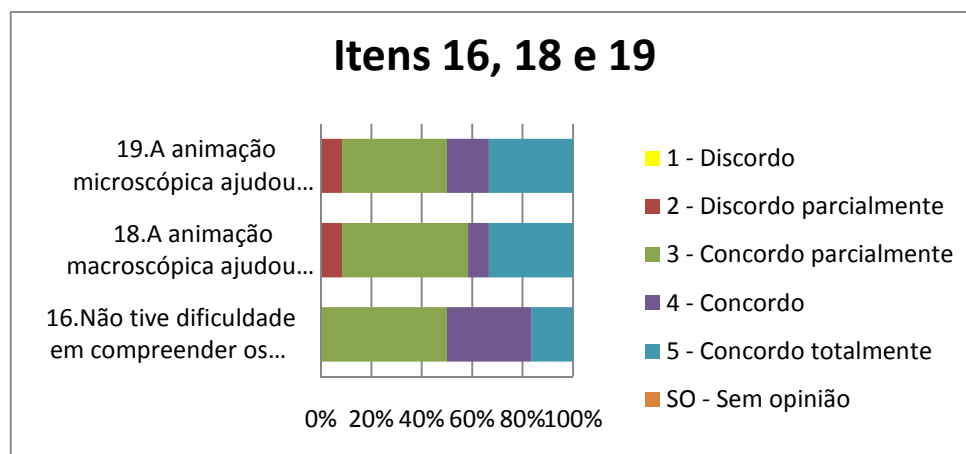
nos graus de concordância, mas apenas 58% nos graus de concordância 4 e 5, contra 8% dos alunos que discordaram com a afirmação. Na «Ficou claro de que forma a pressão afecta o estado de equilíbrio de uma reacção» (item 14) todos os alunos inquiridos concordaram com a afirmação e apenas 33% revelaram alguma concordância parcial. Em relação ao facto «Ficou claro de que forma a concentração afecta o estado de equilíbrio de uma reacção» (item 15), mais uma vez verificou-se que a maior parte dos inquiridos concordou com a afirmação (92%) com 34% a concordarem parcialmente e cerca de 8% a discordarem (Gráfico 5). Em relação ao item 16, «Não tive dificuldade em compreender os gráficos que apareceram», todos os inquiridos afirmaram não terem tido dificuldade em compreender os gráficos que apareceram na simulação. Contudo, 50% admitiram concordar apenas parcialmente com a afirmação. No que se refere, por sua vez, ao item 18, «A animação macroscópica ajudou perceber o que se passa a nível molecular nas reacções químicas», 92% dos inquiridos manifestaram algum grau de concordância com a afirmação e destes, 50% concordam parcialmente com ela, contra 8% que discordaram (Gráfico 6). Relativamente ao facto de «A animação microscópica ajudou a perceber o que se passa a nível molecular nas reacções químicas» (item 19), tal como no item anterior, 92% dos alunos inquiridos manifestaram algum grau de concordância, i.e, 42% concordaram parcialmente e apenas 8% discordaram da afirmação (Gráfico 6). Quando inquiridos sobre se «A simulação facilitou a minha aprendizagem do Princípio de Le Châtelier» (item 20), aqui as opiniões dividiram-se; 50% dos inquiridos discordaram enquanto 50% manifestaram algum grau de concordância (Gráfico 7). Relativamente ao facto da «A simulação facilitou a minha aprendizagem sobre os factores que podem alterar o estado de equilíbrio químico numa reacção» (item 21), todos os inquiridos concordaram com a afirmação apesar de em diferentes graus (Gráfico 7).

No que diz respeito, por seu lado, ao tópico de análise «Estratégias de aprendizagem e de exploração de informação» a análise das respostas ao item 23, «A interactividade da simulação é boa», aqui as opiniões dividiram-se, com 67% dos alunos a manifestarem algum grau de concordância contra 33% dos inquiridos a discordarem da afirmação (Gráfico 8).

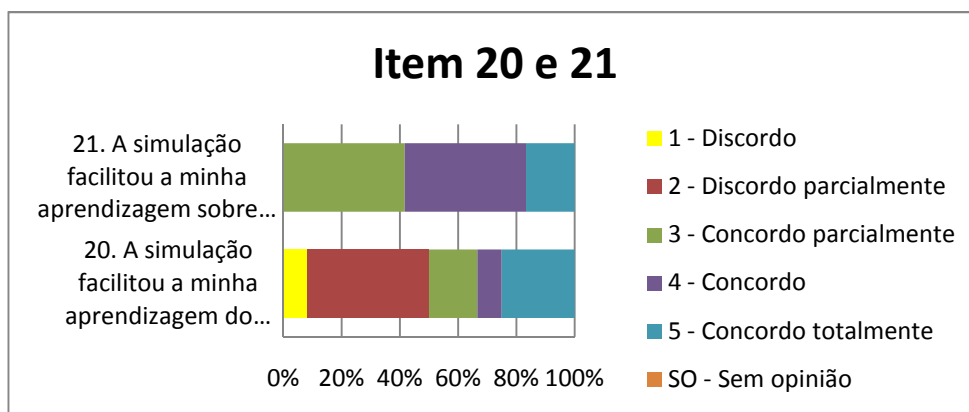
**Gráfico 5** Respostas dadas aos itens 10, 12, 13, 14 e 15 do questionário dos alunos no domínio pedagógico.



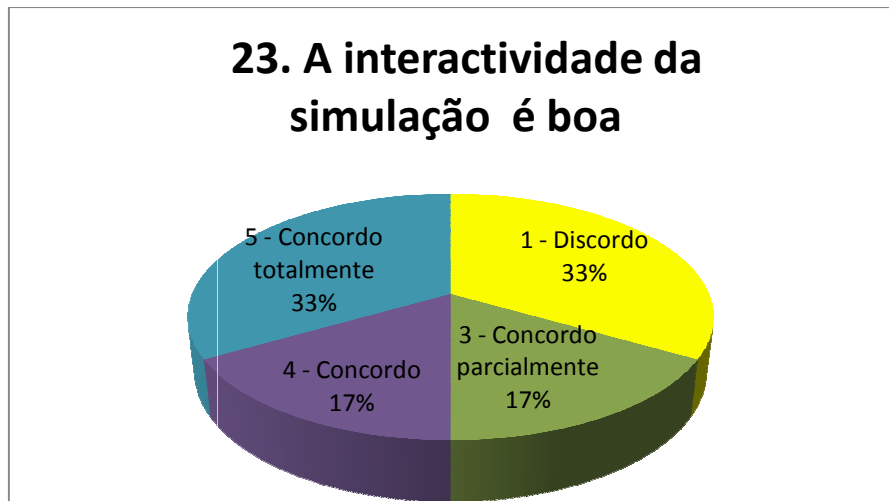
**Gráfico 6** Respostas dadas aos itens 16, 18 e 19 do questionário dos alunos no domínio pedagógico.



**Gráfico 7** Respostas dadas aos itens 20 e 21 do questionário dos alunos no domínio pedagógico.



**Gráfico 8** Resposta da ao item 23 do questionário dos alunos no domínio pedagógico.

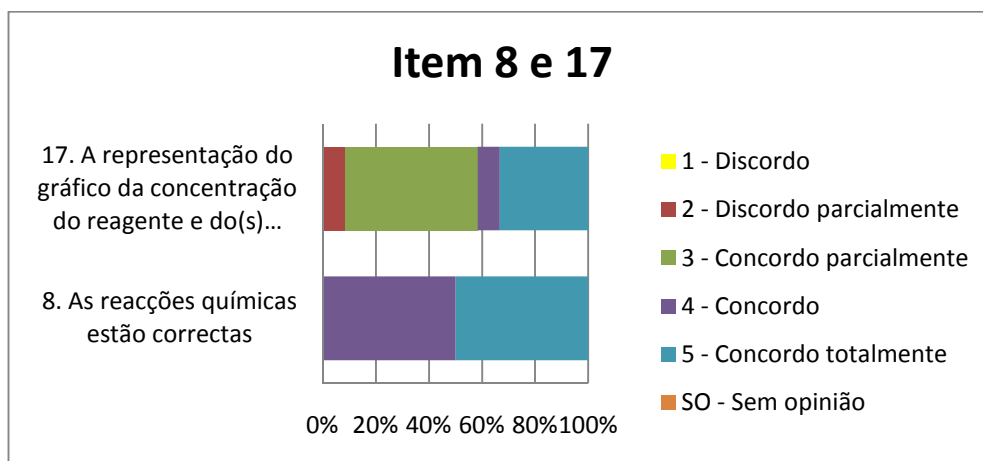


### **Domínio do conteúdo**

Para averiguar o que pensam os alunos no domínio do conteúdo foram elaboradas as afirmações 8 e 17.

Neste domínio, em termos da caracterização do conteúdo científico, a análise dos resultados obtidos no item 8, «As reacções químicas estão correctas», os inquiridos concordaram totalmente (50%) ou concordaram (50%) com a afirmação. Sobre se «A representação do gráfico da concentração do regente e dos produtos é correcta» (item 17) obtiveram-se 50% de respostas no grau de concordância 3 «concordo parcialmente» e 42% nos restantes graus de concordância 4 e 5, apesar de 8% dos inquiridos discordarem da afirmação (Gráfico 9).

**Gráfico 9** Respostas dadas aos itens 8 e 17 do questionário dos alunos no domínio do conteúdo.

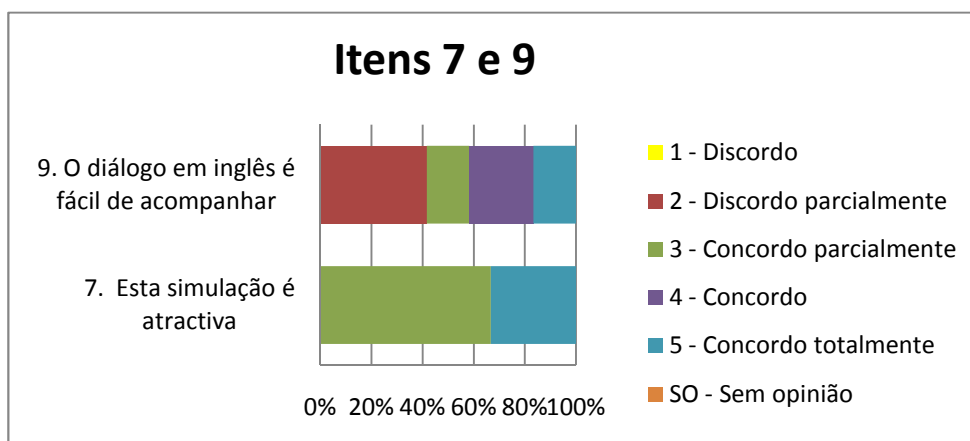


### **Domínio técnico**

Para indagar o que pensam os alunos sobre o domínio técnico foram elaboradas as afirmações 7, 9, 22 e 24.

No que se refere a este aspecto, nomeadamente ao nível do design e do aspecto gráfico, o item 7, «Esta simulação é atractiva», os resultados obtidos mostram que, de um modo geral, os alunos mostram-se atraídos pela simulação, sendo que 24% dos alunos revelam total concordância com a afirmação. É de realçar que nenhum aluno demonstrou qualquer relutância ou desagrado pela utilização da simulação. Já em relação ao facto da informação disponibilizada ser em língua inglesa (item 9- «O diálogo em inglês é fácil de acompanhar»), as opiniões divergiram. Um número significativo de alunos (41%) afirmaram que discordava parcialmente do diálogo em inglês ser fácil de acompanhar. Os restantes alunos inquiridos mostraram a sua concordância (59%), apesar de em diferentes níveis, sobre o fácil acompanhamento do diálogo em língua inglesa (Gráfico 10).

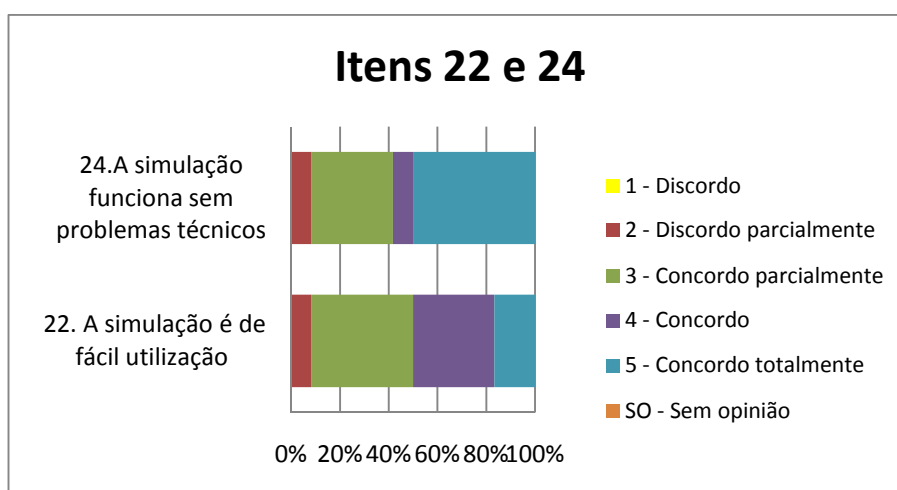
**Gráfico 10** Respostas dadas aos itens 7 e 9 do questionário dos alunos no domínio técnico.



### Usabilidade – facilidade de utilização e fiabilidade

Em relação à usabilidade da simulação na sua grande maioria (92%) os alunos acharam que a simulação era fácil de utilizar. No entanto existem 42% que referem concordar parcialmente com a afirmação e 8% que discordam parcialmente dela. Contudo, a nível da fiabilidade da simulação (item 24 «A simulação funciona sem problemas técnicos») mais uma vez a grande maioria dos alunos inquiridos (92%) concordar que a simulação funciona sem problemas técnicos e 50% revelam concordar totalmente com esta afirmação (Gráfico 11).

**Gráfico 11** Respostas dadas aos itens 22 e 24 do questionário dos alunos no domínio técnico.



### **Domínio da apreciação global**

Para averiguar que aspectos positivos e negativos da simulação computacional consideram os alunos inquiridos, foram elaboradas duas questões abertas (itens 25 e 26).

A nível dos aspectos positivos, merecem especial destaque os seguintes:

- a animação da simulação é apelativa e os gráficos ajudam a interpretar melhor o que condiciona o equilíbrio reaccional;
- promovem uma melhor aprendizagem e, conseqüentemente, melhor desempenho;
- esclarecimento do que acontece nas reacções;
- apresentação dos conhecimentos de forma explícita;
- interpretação muito fácil;
- animação macroscópica das reacções;
- interactividade da aprendizagem;
- presença de gráficos e liberdade de escolha nos processos, facilitando a compreensão.

No que se refere aos pontos negativos, os alunos referiram:

- dificuldade da compreensão da animação macroscópica;
- texto em inglês;
- monotonia relativa da apresentação;
- o facto de se tratar de uma simulação extensa;
- dificuldades de acesso ao sítio da Internet;
- dificuldades em termos do grau de explicitação da simulação, se melhorada, permitiria que os alunos pudessem estudar, em casa, sozinhos, a experiência em causa.

### **Discussão dos resultados obtidos**

Os resultados obtidos também não poderão, naturalmente, ser generalizados à população à qual pertence o grupo de participantes (professores e alunos), mas ainda assim, parece-nos legítimo destacar, desde já, os seguintes aspectos:

Ao nível dos professores inquiridos:

- considera-se que a simulação apresenta, de facto, os conteúdos com um rigor científico digno de registo;
- defende-se que o grau de profundidade da abordagem dos conteúdos é, na verdade, adequado a alunos do 11.º ano do Curso Científico - Humanístico de Ciências e Tecnologia, já que, através da análise do item 9, os graus de concordância 3, 4 e 5 obtiveram uma percentagem de 72%;
- considera-se que se trata de uma simulação de fácil utilização, que funciona sem problemas técnicos e que facilita a própria aprendizagem do Princípio de Le Châtelier e dos factores que podem alterar o estado do equilíbrio químico numa mistura reaccional;
- defende-se que a interactividade da simulação é deveras positiva.

Ao nível dos alunos inquiridos:

- considera-se que a simulação apresentada auxiliou na compreensão dos factores que afectam o equilíbrio químico;
- a simulação é apelativa e motivadora para o estudo do equilíbrio químico;
- a facilidade de utilização e a possibilidade de visualização ressaltam como aspectos promotores da aprendizagem.

Olhando mais em pormenor, ressalta no domínio pedagógico, alguma divergência de opiniões por parte dos professores inquiridos. Se há professores com uma opinião positiva, ou francamente positiva, em relação à simulação em análise, outros assumem, inclusive, não ter opinião sobre ela. Esta situação poderá estar relacionada com o facto de alguns dos professores inquiridos não dominarem a língua inglesa ou recearem que esta possa ser um obstáculo ao processo de ensino-aprendizagem. Outro factor poderá estar relacionado com a sua iliteracia no domínio das TIC. No entanto os alunos sentem-se confortáveis com a utilização da simulação e reconhecem o valor pedagógico da mesma. No que se refere aos resultados associados ao domínio do conteúdo, o estudo permitiu inferir que a maioria dos professores inquiridos concorda plenamente ou concorda com a ideia de que a simulação verifica os critérios e indicadores expressos na escala apresentada e que está genericamente correcta e tem rigor científico nos conteúdos apresentados, que é adequada e tem o grau de profundidade adequada a alunos do 11.º ano do Curso Científico - Humanístico de Ciências e Tecnologia (43%). Igualmente os alunos inquiridos revelam confiança na informação presente na simulação. Ao nível do domínio técnico, houve



grande concordância de opiniões nos dois grupos inquiridos. De facto a simulação foi considerada estar muito bem construída a este nível: quer em termos da facilidade de utilização quer em termos da própria fiabilidade, sendo claramente destacado pelos alunos inquiridos que esta facilita a aprendizagem do Princípio de Le Châtelier e dos factores que podem alterar o estado do equilíbrio químico numa mistura reaccional. Os alunos reconheceram que a própria interactividade da simulação é positiva.

## Capítulo 8. Considerações finais

O processo de ensino-aprendizagem parece ter muito a ganhar com o recurso a software educativo, tendo como base os resultados obtidos neste estudo que auscultou a percepção de um grupo de professores e alunos sobre a utilização de uma simulação computacional sobre os factores que afectam o equilíbrio químico. Porém, reduzir o ensino da Física e da Química e todo o processo ensino-aprendizagem à utilização de recursos digitais seria absurdo. A abordagem dos conteúdos programáticos da disciplina de Física e Química deve privilegiar diferentes abordagens, em diferentes contextos e aproximações; pesquisa, discussão, estímulo pela curiosidade e trabalho colaborativo são algumas das abordagens que devem também ser trabalhadas pelos e com os alunos. Todavia, o recurso às TIC como ferramenta é inquestionável e há ainda um enorme caminho a percorrer no que diz respeito à sua utilização rotineira em sala de aula, em particular no que se refere à utilização de simulações computacionais. Torna-se necessário convencer os responsáveis educativos que têm que apostar na formação a nível de competências informáticas e os alunos, pais e encarregados de educação de que as TIC são uma mais-valia e não um mero divertimento.

O trabalho realizado permitiu reunir e organizar grande parte da informação disponível na literatura sobre a utilização de recursos digitais, nomeadamente de simulações computacionais, bem como sobre os critérios de avaliação a que estes devem ser sujeitos. Reconhece-se que a nível da elaboração do inquérito por questionário, a consulta de bibliografia da especialidade permitiu reduzir o risco de subjectividade, ainda que tal desiderato não tenha sido conseguido totalmente, uma vez que o questionário deveria ter passado por um processo prévio de validação. No entanto na sua elaboração procurou-se não dar primazia aos critérios técnicos em detrimento de critérios de outra natureza. Foi a primeira vez, tanto quanto nos é dado conhecer, que uma simulação computacional foi submetida a escrutínio pelos seus potenciais utilizadores.

No entanto, reconhece-se que este trabalho apresenta algumas limitações. O reduzido número de respondentes ao questionário tornou difícil a representatividade da amostra e permitiu uma análise pouco mais que qualitativa. As extrapolações tornam-se difíceis, e nalguns casos, não se consegue definir claramente a tendência de resposta. Na elaboração dos questionários, o número de questões por domínio não foi equivalentes, o

que impediu refinar um pouco mais a análise efectuada. Em relação às grelhas incluídas nos questionários e às grelhas de análise dos dados recolhidos, a verdade é que, naturalmente, não há nenhuma realidade que esteja sempre cabalmente representada numa grelha; há sempre, por exemplo, categorias possíveis de análise que não são formuladas e apesar da pesquisa bibliográfica empreendida e da definição prévia de critérios e indicadores orientadores da análise dos dados, a subjectividade não foi totalmente eliminada; afinal, todos nós avaliamos o que para nós é significativo, deixando de parte o que não é. O carácter formal que se imprimiu nas grelhas do questionário poderá ter-se tornado limitativo.

O facto do roteiro de exploração para a simulação não ter sido testado em contexto é outro dos aspectos limitativos deste estudo. Por último, gostaríamos de destacar o facto do professor enquanto interveniente no processo educativo não poder descurar a sua formação e permanente actualização. O professor enfrenta nos dias de hoje grandes desafios educativos. No entanto, estes poderão ser ultrapassados quer pelos avanços científicos e tecnológicos disponíveis quer pelos resultados provenientes da investigação educacional que se vai produzindo. A permanente ligação ensino-investigação é um elo que não deve ser quebrado.

## Referências bibliográficas

Ausubel, D. P. (1963). Cognitive structures and the facilitation of meaningful learning. *Journal of Teaching Education*, 14, 217-222.

Ausubel, D. P. (1982). *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes.

Bachelard, G. (1951). *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*. Paris: PUF.

Banerjee, A. C. (1991a). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 13, 487-494.

Banerjee, A. C. (1991b). The development of modules for the teaching of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 13, 355-362.

Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto: Porto Editora.

Bragin, V. (1996). Interactive computer visualization in the introductory chemistry curriculum. *Journal of Chemical Education*, 73, 747-781.

Brás, C. M. D. (2003). *Integração das tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física e Química - Os professores e a Astronomia no ensino básico*. Tese de mestrado. Porto: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. New York. Norton.

Cachapuz, A.; Praia, J. & Jorge, M. (2000). Perspectivas de Ensino. In A. Cachapuz (org.), *Formação de Professores – Ciências*, n.º 1 (pp. 1-77). Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência (CEEC).

Carmo, H. & Ferreira, M. (1998). *Metodologia da Investigação - Guia para Auto-aprendizagem*. Lisboa: Universidade Aberta.

Carvalho, A. A. A. (2002a). Multimédia: um conceito em evolução. *Revista Portuguesa de Educação*, 15 (1), 245-26.

Carvalho, A. A. A. (2002b). Testes de usabilidade: exigência supérflua ou necessidade? (acedido a 11 de Junho de 2011, disponível em <http://www.lits.dei.uminho.pt/tu.pdf>).

Carvalho, A. A. A. (2006). Indicadores de qualidade de «sites» educativos. *Cadernos SACAUSEF*, 2, 55-78.

Coburn, P. (1988). *Informática na educação*. Livros Técnicos e Científicos: Rio de Janeiro.

Correia, J. A. (2005). *Estereoscopia Digital no Ensino da Química*. Tese de mestrado. Porto. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Costa, J.V.( sem data). *A reforma do ensino superior ditado pela sociedade do conhecimento* (acedido em 23 Agosto de 2011 disponível em [http://www.unifra.br/Utilitarios/arquivos/arquivos\\_prograd/A%20REFORMA%20DO%20ENSINO%20SUPERIOR%20DITADA.pdf](http://www.unifra.br/Utilitarios/arquivos/arquivos_prograd/A%20REFORMA%20DO%20ENSINO%20SUPERIOR%20DITADA.pdf)

Delors, J., Mufti I. A., Amagi, I., et al. (1996). *Educação um tesouro a descobrir*. Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. Edições ASA: Lisboa.

Jorge, B. (2008). *Necessidades de formação contínua dos professores de uma escola secundária na utilização pedagógica das tecnologias de informação e comunicação*. Tese de mestrado. Lisboa: Faculdade de Psicologia e de Ciências de Educação.

Junior, B. J. B. & Coutinho, C.P. (2007). *A educação a distância para a formação ao longo da vida na sociedade do conhecimento* (acedido a 18 de Agosto de 2011, disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/7056/1/EAD.pdf>

Fernandes, M. C. & Barbot, M. J. (2004). *Planeta das TIC 1.º Volume*. Porto: Porto Editora.

Ferreira, F. M. (2000) *A experiência do Ministério da Educação no apoio à produção de conteúdos educativos*. *Ciências da Terra*, 5, 17-20.

Figueiredo, A. D. (1995). *O Futuro da Educação perante as Novas Tecnologias*. Coimbra (acedido a 3 de Agosto de 2011, disponível em: <http://eden.dei.uc.pt/~adf/Forest95.htm>).

Fino, C. N. (2003). *Avaliar Software "Educativo"* (acedido a 4 de Agosto de 2011, disponível em <http://www3.uma.pt/carlosfino/publicacoes/16.pdf>).

Fonseca, S. C. M. (2006). *Influência de Gases Inertes no Equilíbrio Químico: Nuances e Simulações computacionais*. Tese de mestrado. Porto: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Hackling, M. W. & Garnett, P.J. (1985). *Misconceptions of chemical equilibrium*. *European Journal of Science Education*, 7 (2), 205-214.

Huddle, P., White, M. & Rogers, F. (2000). Simulations for teaching chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 77(7), 920-926.

Kuhn, T. (1962). *The Structure os Scientific Revolutions*. Chicago: Chicago University Press.

Lakatos, I. (1984). *Preuves et réfutation*. Paris: Hermann.

Le Châtelier, H. (1884). *Comptes Rendus*.

Loureiro, M. J. & Pombo, L. (2011). Avaliação em contexto educativo (acedido em 27 de Abril 2011, disponível em: <http://lae.blogs.ua.sapo.pt/2011/04/> ).

Mintzes, J. J., Wandersee, J. H. & Novak, J. D. (2000). *Ensinando Ciência para a compreensão - uma visão construtivista*. Lisboa: Plátano, Edições Técnicas.

Missão para a Sociedade da Informação (1997). Livro Verde para a Sociedade de Informação em Portugal (acedido em 5 de Agosto de 2011, disponível em <http://www.si.mct.pt>).

Morais, C. M. V. (2007). *Recurso Multimédia "Moleculito": Exemplo de construção e avaliação no ensino Básico*. Tese de mestrado. Porto. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Morais, C. & Paiva, J. C. (2006). WebQuests associadas a manuais escolares (acedido a 15 de Agosto de 2011, disponível em: <http://www.portalwebquest.net/pdfs/cb009.pdf>).

Morais, C. & Paiva, J. (2009). Experiências internacionais de avaliação de software educativo (acedido em 23 de Agosto de 2011, disponível em: [http://nautilus.fis.uc.pt/personal/jcpaiva/disc/se/rec/02/02/02/222-Experiencias\\_internacionais\\_de\\_avaliacao\\_de\\_SE\\_cmorais-jpaiva.pdf](http://nautilus.fis.uc.pt/personal/jcpaiva/disc/se/rec/02/02/02/222-Experiencias_internacionais_de_avaliacao_de_SE_cmorais-jpaiva.pdf)

Morais, C. S. L. (2006)" + *Química Digital" Recursos digitais no ensino da Química: uma experiência de escolaridade*. Tese de mestrado. Porto: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Pacheco, I. S. M. & Silva, I. P. T. (2009). As Tecnologias de Comunicação no 1.º CEB (acedido a 4 de Agosto de 2011, disponível em <http://repositorio.esepf.pt/bitstream/handle/10000/223/PG-TIC-2009IvaSilvaMartaPacheco.pdf?sequence=1>).

Paiva, J. C. (2005). As TIC no ensino das ciências físico-químicas (acedido a 5 de Agosto de 2011, disponível em

<http://www.jcpaiva.net/getfile.php?cwd=curriculum/08ConferenciasePalestras/4ed31&f=51ef8>).

Paiva, J. C., Gil, V. M. S. & Correia, A. F. (2002). Le Chat: simulation in chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 79, 640-646.

Paiva, J. & Costa, L. (2005). Roteiros de exploração - valorização pedagógica do software educativo de Química. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 96, 64-65.

Papert, S. (1988). *Logo: computadores e educação*. São Paulo: Brasiliense.

Pedrosa, M. A. & Dias, M. H. (2000). Chemistry textbook approaches to chemical equilibrium and student alternative conceptions. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1, 227-236.

Pereira, D. C. (1993). Tecnologia educativa - Aulas Teóricas. Formação contínua de professores. Programa Foco.

Piaget, J. (1976). *Psicologia e Epistemologia*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Popper, K. (1959). *The logic of scientific discovery*. New York: Harper.

Ponte, J. P. (sem data). As TIC no início da escolaridade: perspectivas para a formação inicial de professores (acedido a 5 de Agosto de 2011, disponível em: [http://www.educ.fc.ul.pt/professores/jponte/docs-pt/02-Ponte%20\(TIC-INAFOF\).pdf](http://www.educ.fc.ul.pt/professores/jponte/docs-pt/02-Ponte%20(TIC-INAFOF).pdf))

Ponte, J. P. (1997). *O Computador – Um Instrumento da Educação*. Lisboa: Texto Editora.

Ponte, J. P. (2000). Tecnologias de informação e comunicação na formação de professores: que desafios?, *Revista Ibero-Americana de Educação* (acedido a 5 de Agosto de 2011, disponível em <http://www.campus-oei.org/revista/rie24.htm>).

Ramos, J. L., Teodoro, V. D., Maio, V. M., Carvalho, J. M. & Ferreira, F. M. (2005). Sistema de avaliação, certificação e apoio à utilização de softwares para a educação e formação. *Cadernos SACAUSEF*, 1, 21-44.

Ramos, J. L., (2008). Avaliação e qualidade de recursos educativos digitais. *Cadernos SACAUSEF*, 5, 11-17.

Reger, D., Goode, S. & Mercer, E. (1997). *Química: Princípios e Aplicações*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Ribeiro, A. A. & Greca, I. M. (2003). Simulações computacionais e ferramentas de modelização em Educação Química: uma revisão de literatura publicada. *Química Nova*, 26 (4), 542-549.

Rojas, R. A. O. (sem data). El Cuestionário. (acedido a 7 de Junho de 2011, disponível em <http://www.nodo50.org/sindpitagoras/Likert.htm>)

Rosa, L. M. (2000). A integração das TIC na escola: desafios, condições e outras reflexões. *Ágora* (acedido em 5 de Agosto de 2011, disponível em [http://www.prof2000.pt/prof2000/agora3/agora3\\_4.html](http://www.prof2000.pt/prof2000/agora3/agora3_4.html))

Russell, J. W.; Kozma, R. B.; Jones, T.; Wykoff, J.; Marx, N. & Davis, J. (1997). Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education*, 74, 330-335.

Russell, J. M. (1988). Simple models for teaching equilibrium and Le Chatelier's principle. *Journal of Chemical Education*, 65, 871-872.

Trein, D. & Schlemmer, E. D. R. (2009) Projectos de aprendizagem baseados em problema no context da Web 2.0: possibilidades para a prática pedagógica. *Revista e-curriculum*, 4 (2), 1-21.

Tuckman, B. W. (2002). *Manual de Investigação em Educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Silva, A. J. (1997). *A Internet no ensino das Ciências Físico-Químicas*. Tese de Mestrado em Ensino da Física. Coimbra: Universidade de Coimbra.

Solaz, J.J. & Quílez, J. (2001). Changes in the extent of reaction in open equilibria. *Chemistry Education Research and Practice*, 2 (3), 303-312.

Valente, J. A. (1993). *Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação*. Campinas: NIED/UNICAMP.

Van Driel, J. H. & Graber, W. (2002). The teaching and Learning of chemical equilibrium. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D.F. Treagust & J. H. Van Driel (eds.), *Chemical Education: Towards Research-Based Practice* (pp. 271-292). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Van Driel, J. H. V., De Vos, W. & Verloop, N. (1999). Introducing dynamic equilibrium as an explanatory model, *Journal of Chemical Education*, 76, 559-561.



Viana, D. H. M. & Oliveira, B. M. J. F. (2011) Redes sociais e política: twitters dos vereadores de João Pessoa. Simpósio em tecnologias digitais e sociabilidade. (acedido a 7 de Agosto de 2011, disponível em <http://gitsufba.net/simposio/wp-content/uploads/2011/09/Redes-Sociais-e-Politica-tweets-dos-vereadores-de-Joao-Pessoa-PB-VIANA-David-OLIVEIRA-Bernardina.pdf> )

Villate, J. E. (2005). E-learning na Universidade do Porto Caso de estudo: Física dos Sistemas Dinâmicos (acedido a 4 de Agosto de 2011, disponível em [http://sigarra.up.pt/up/web\\_gessi\\_docs.download\\_file?p\\_name=F593825503/Jaime\\_Villate\\_Fisica-apresentacao.pdf](http://sigarra.up.pt/up/web_gessi_docs.download_file?p_name=F593825503/Jaime_Villate_Fisica-apresentacao.pdf)).

Wisniak, J. (1999). The Le Châtelier principle: How much a principle?, *The Chemical Educator*, 4, 58-62.

## **ANEXO 1 - Questionário do Professor**



## Escala de análise sobre a simulação - Le Châtelier's principle

Por favor, preencha este questionário baseando-se na exploração da simulação a analisar cuja ligação é indicada.

1. Idade								
2. Sexo			Masculino			Feminino		
3. Anos de serviço								
4. Escola								
5. Simulação le Châtelier's Principle disponível <i>online</i> em: <a href="http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_2e/lechateliers_principal.swf">http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_2e/lechateliers_principal.swf</a> <b>Verifique que o som está ligado.</b>								
Para cada um dos aspectos abaixo listados indique o seu grau de concordância numa escala de 1 a 5, SO (sem opinião) marcando com um X a sua resposta na coluna respectiva.								
	Discordo	1	2	3	4	5	Concordo totalmente	SO
6. A representação do gráfico da concentração do reagente e do(s) produto(s) é cientificamente correcta.								
7. As reacções químicas apresentadas são cientificamente correctas.								
8. O conteúdo sonoro é rigoroso do ponto de vista científico.								
9. O grau de profundidade da abordagem aos conteúdos é adequado, para alunos do 11º ano do curso Científico – Humanístico de Ciências e Tecnologia.								
10. A animação macroscópica representa bem a realidade.								
11. A animação microscópica explora correctamente a nível molecular as reacções.								
12. A simulação facilita a aprendizagem do Princípio de Le Châtelier.								
13. A simulação facilita a aprendizagem dos factores que podem alterar o estado de equilíbrio químico numa mistura reaccional.								
14. A simulação é de fácil utilização.								
15. A interactividade do utilizador com a simulação é boa.								
16. A simulação funciona sem problemas técnicos.								
17. Utilizaria esta simulação em sala de aula para o estudo dos factores que podem alterar o estado de equilíbrio químico numa mistura reaccional.								

18. Apresente um(s) aspecto(s) que considere positivo (ponto forte) nesta simulação.

---



---



---

19. Apresente um(s) aspecto(s) que considere negativo (ponto fraco) nesta simulação.

---



---



---

Obrigada pela sua colaboração.



## **ANEXO 2- Resultados obtidos dos questionários dos professores**



Item /Professor	01	02	03	04	05	06	07
6. A representação do gráfico da concentração do reagente e do(s) produto(s) é cientificamente correcta.	4	2	5	4	4	4	1
7. As reacções químicas apresentadas são cientificamente correctas.	1	2	5	5	4	4	5
8. O conteúdo sonoro é rigoroso do ponto de vista científico.	SO	1	5	1	3	4	4
9. O grau de profundidade da abordagem aos conteúdos é adequado, para alunos do 11ºano do curso Científico – Humanístico de Ciências e Tecnologia.	4	2	5	3	3	4	4
10. A animação macroscópica representa bem a realidade.	3	2	5	5	4	3	SO
11. A animação microscópica explora correctamente a nível molecular as reacções.	4	1	5	5	3	4	3
12. A simulação facilita a aprendizagem do Princípio de Le Châtelier.	5	2	4	1	4	4	3
13. A simulação facilita a aprendizagem dos factores que podem alterar o estado de equilíbrio químico numa mistura reaccional.	5	2	4	4	4	4	5
14. A simulação é de fácil utilização.	5	5	5	3	5	4	5
15. A interactividade do utilizador com a simulação é boa.	5	3	5	3	4	4	2
16. A simulação funciona sem problemas técnicos.	4	3	5	5	5	4	5
17. Utilizaria esta simulação em sala de aula para o estudo dos factores que podem alterar o estado de equilíbrio químico numa mistura reaccional.	5	1	5	5	4	4	5

18. Apresente um(s) aspecto(s) que considere positivo (ponto forte) nesta simulação.	Professor
Permite ganhar tempo e tornar os assuntos menos aborrecidos	1
Rapidez da simulação	2
A interactividade e o uso de novas tecnologias adaptadas à actualidade	3
A boa visibilidade da simulação; assim como a nível microscópico	4
Poderá facilitar a aprendizagem do Princípio de Le Châtelier, assim como a sua interactividade poderá despertar mais interesse da ciência nos alunos	5
A apresentação paralela da representação gráfica e representação microscópica,	6
A escrita das equações e a explicação, apesar de ser em inglês	7



19. Apresente um(s) aspecto(s) que considere negativo (ponto fraco) nesta simulação.	Professor
Os gráficos traduzem variações de concentrações aos “soluços”. As equações aparecem escritas com uma seta simples no sentido inverso.	1
Não são mostrados os gráficos das concentrações em função do tempo. Dificuldades da compreensão da língua.	2
O texto ser em Inglês.	3
A simulação devia estar em Português e não em Inglês.	4
O texto ser em Inglês.	5
Aplicar-se apenas a uma reacção química e não a várias como forma de evidenciar que o Princípio de Le Chatelier é um princípio geral.	6
Ser em inglês e não se observar bem o impacto da variação da temperatura na animação macroscópica,	7

## **ANEXO 3 - Questionário do aluno**



## Escala de análise sobre a simulação - Le Châtelier's principle

Por favor, preencha este questionário baseando-se na exploração da simulação a analisar cuja ligação é indicada.

1. Idade									
2. Sexo				Masculino		Feminino			
3. Turma		4. Curso			5. Escola				
6. Simulação le Châtelier's Principle disponível <i>online</i> em: <a href="http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_2e/lechateliers_principal.swf">http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_2e/lechateliers_principal.swf</a> <b>Verifique que o som está ligado.</b>									
Para cada um dos aspectos abaixo listados indique o seu grau de concordância numa escala de 1 a 5, SO (sem opinião) marcando com um X a sua resposta na coluna respectiva.									
	Discordo	1	2	3	4	5	Concordo totalmente	SO	
7. Esta simulação é atractiva.									
8. As reacções químicas estão correctas.									
9. O diálogo em inglês é fácil de acompanhar.									
10. Não preciso de ouvir a explicação dada para compreender a simulação.									
11. Entendi esta simulação porque já abordei esta matéria nas aulas de Físico-química.									
12. Esta simulação foi útil para compreender o Princípio de Le Châtelier.									
13. Ficou claro de que forma a temperatura afecta o estado de equilíbrio de uma reacção endotérmica ou exotérmica.									
14. Ficou claro de que forma a pressão afecta o estado de equilíbrio de uma reacção.									
15. Ficou claro de que forma a concentração afecta o estado de equilíbrio de uma reacção.									
16. Não tive dificuldade em compreender os gráficos que aparecem.									
17. A representação do gráfico da concentração do reagente e do(s) produto(s) é correcta.									
18. A animação macroscópica ajudou a perceber a realidade.									
19. A animação microscópica ajudou a perceber o que se passa a nível molecular nas reacções químicas.									
20. A simulação facilitou a minha aprendizagem do Princípio de Le Châtelier.									
21. A simulação facilitou a minha aprendizagem sobre os factores que podem alterar o estado de equilíbrio químico numa reacção.									
22. A simulação é de fácil utilização.									
23. A interactividade da simulação é boa.									
24. A simulação funciona sem problemas técnicos.									
25. Apresente um(s) aspecto(s) que considere positivo (ponto forte) desta simulação.									
26. Apresente um(s) aspecto(s) que considere negativo (ponto fraco) desta simulação.									

Obrigado pela sua colaboração



## **ANEXO 4 - Resultados obtidos dos questionários dos alunos**



<b>Ítems/ Aluno</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
7. Esta simulação é atractiva.	3	5	5	3	3	3	3	3	3	5	5	3
8. As reacções químicas estão correctas.	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
9. O diálogo em inglês é fácil de acompanhar.	2	3	3	2	2	4	2	2	4	5	5	4
10. Não preciso de ouvir a explicação dada para compreender a simulação.	3	1	1	3	3	3	3	3	5	3	4	5
11. Entendi esta simulação porque já abordei esta matéria nas aulas de Físico - Química.	5	5	3	4	4	4	4	4	1	SO	5	5
12. Esta simulação foi útil para compreender o Princípio de Le Châtelier.	3	5	3	3	3	4	3	3	3	4	5	3
13. Ficou claro de que forma a temperatura afecta o estado de equilíbrio de uma reacção endotérmica ou exoenergética.	4	5	5	3	3	4	3	3	2	4	5	4
14. Ficou claro de que forma a pressão afecta o estado de equilíbrio de uma reacção.	5	5	4	3	3	4	3	3	4	4	5	4
15. Ficou claro de que forma a concentração afecta estado de equilíbrio de uma reacção.	4	5	5	3	3	4	3	3	1	4	5	4
16. Não tive dificuldade em compreender os gráficos que apareceram.	4	4	3	3	3	4	3	3	5	3	4	5
17. A representação do gráfico da concentração do reagente e do(s) produto(s) é correcta.	2	5	3	3	3	4	3	3	3	5	5	5
18. A animação macroscópica ajudou a perceber o que se passa a nível molecular nas reacções químicas.	3	3	5	3	3	5	3	3	4	5	5	2
19. A animação microscópica ajudou a perceber o que se passa a nível molecular nas reacções químicas.	4	3	5	3	3	5	3	3	4	5	5	2
20. A simulação facilitou a minha aprendizagem do Princípio de Le Châtelier.	2	4	5	2	2	3	2	2	1	5	5	3
21. A simulação facilitou a minha aprendizagem sobre os factores que podem alterar o estado de equilíbrio químico numa reacção.	4	5	4	3	3	4	3	3	3	4	5	4
22. A simulação é de fácil utilização.	5	4	4	3	3	3	3	3	2	4	4	5
23. A interactividade da simulação é boa.	3	4	5	1	1	3	1	1	5	5	5	4
24. A simulação funciona sem problemas técnicos.	5	5	5	3	3	4	3	3	2	5	5	5



25. Apresente um(s) aspecto(s) que considere positivo (ponto forte) desta simulação.	N.º aluno
A presença dos gráficos.	01
A animação da simulação é apelativa e os gráficos ajudam a interpretar melhor o que condiciona o equilíbrio reaccional.	02
Aspectos positivos, uma melhor aprendizagem e consequentemente melhor desempenho por ser diferente.	03
	04
	05
Esclarecer o que acontece nas reacções.	06
Apresenta os conhecimentos de forma explícita.	07
	08
Foi bastante fácil interpretar.	09
Um aspecto positivo é ter a animação macroscópica das reacções.	10
Aprendizagem interactiva.	11
Gráficos e liberdade de escolha nos processos, facilitando a compreensão.	12
26. Apresente um(s) aspecto(s) que considere negativo (ponto fraco) desta simulação.	
A animação macroscópica é de difícil compreensão.	01
O aspecto que considero negativo desta simulação é o facto de estar em inglês o que dificulta a assimilação de todos os aspectos de uma forma nítida.	02
Um aspecto negativo é a apresentação da simulação ser feita em inglês.	03
	04
	05
Ser pouco monótona.	06
Ser longa.	07
	08
Dificuldades de acesso ao site.	09
A simulação deveria ser um pouco mais explícita para que possamos estudar em casa a experiência	10
Ser em inglês porque há pessoas que não o percebem.	11
Penso que poderia ser apresentado em português.	12

## **ANEXO 5 - Roteiro de exploração**



# Le Châtelier's Principle

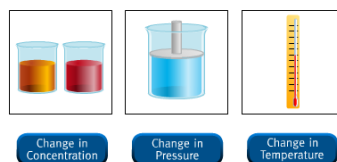
## Factores que influenciam o Equilíbrio Químico

### Roteiro de exploração

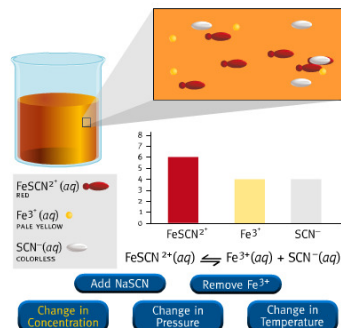
1. Vamos avaliar de que forma a variação de concentrações (reagentes e produtos), pressão e temperatura influenciam o Equilíbrio Químico de um sistema reaccional.

Abre a simulação “Le Châtelier’s Principle” disponível em: [http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang\\_2e/lechateliers\\_principal.swf](http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_2e/lechateliers_principal.swf).

No ecrã aparecer-te-á o seguinte menu.



Selecciona “Change in concentration” e chegarás ao ecrã seguinte:



Observa e escuta a explicação fornecida e de seguida tenta responder às seguintes questões.

Em que sentido esperas que se desloque o sistema químico apresentado

$$[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + [\text{SCN}]^{-}(\text{aq})$$
 ao se adicionar uma solução aquosa do sal NaSCN?

Sabendo que os diferentes constituintes do sistema reaccional apresentam cores diferentes indica o que esperas observar macroscopicamente com a adição de NaSCN.

Consegues explicar este facto? Justifica resumidamente a tua resposta

Clica no botão “ Add NaSCN” e compara as tuas respostas com as da simulação.

Se forem diferentes, descreve o que ocorre em termos de alteração das concentrações dos diferentes constituintes do sistema, as alterações macroscópicas observadas e possível justificação.

Nota: podes utilizar o botão “Back”, para voltares ao menu anterior e sempre que desejares ver a simulação novamente.

2. Selecciona agora “Change in Temperature”.

Que esperas ver acontecer ao sistema reaccional quando ocorre abaixamento da temperatura?

Porque esperas que isso aconteça?

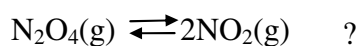
Precisas de algum dado adicional para realizares a tua previsão? Qual? E porquê?

Clica em ” Decrease Temperature”.

Se diminuirmos a temperatura de um sistema reaccional cuja reacção que está a ocorrer é exotérmica, haverá alteração do equilíbrio do sistema? Em que sentido?

Selecciona “ Increase Temperature” escuta a explicação e observa as alterações ocorridas.

Que conclusões tiras quanto à variação da temperatura num sistema reaccional do tipo do



3. Clica agora em “Change Pressure” e observa.

Prevê o que acontece ao sentido da reacção do sistema químico em análise se o volume do sistema for reduzido.

Que esperas que aconteça em termos macroscópicos?

Consegues explicar o que acontece ao sistema, quando seleccionas “Decrease Pressure”?

Supõe agora que adicionas um gás inerte, como por exemplo o hélio, ao sistema. Que esperas que aconteça em termos de deslocamento do equilíbrio?

Que podes concluir quanto à influência da variação da pressão num equilíbrio químico do sistema reaccional anterior ou análogo?